

LDY 科学哲学丛书

Wentixue Zhi Tanjiu

问题学之探究

林定夷/著



中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS



LDY 科学哲学丛书



◎ 科学·非科学·伪科学：划界问题

◎ 论科学中观察与理论的关系

◎ 问题学之探究

◎ 科学理论的演变与科学革命

◎ 关于实在论的困惑与思考：何谓“真理”



官方网站二维码



官方微博二维码



官方微信二维码

ISBN 978-7-306-05726-6


定价：45.00元



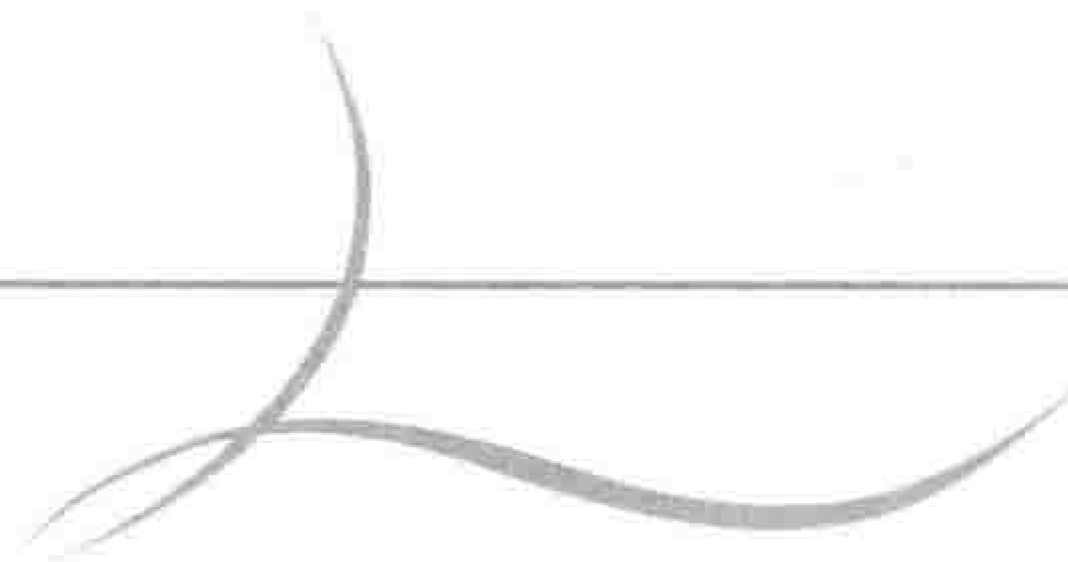
LDY 科学哲学丛书

华侨大学人文社会科学研究基地资助

Wentixue Zhi Tanjiu

问题学之探究

林定夷/著





中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS
·广州·

图书在版编目（CIP）数据

问题学之探究/林定夷著．—广州：中山大学出版社，2016.10
（LDY 科学哲学丛书）
ISBN 978-7-306-05726-6

Ⅰ．①问…　Ⅱ．①林…　Ⅲ．①科学哲学　Ⅳ．①N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 137014 号

出 版 人：徐　劲
策划编辑：周建华
责任编辑：王　睿
封面设计：林绵华
责任校对：翁慧怡
责任技编：何雅涛
出版发行：中山大学出版社
电　　话：编辑部 020-84111996，84113349，84111997，84110779
　　　　　发行部 020-84111998，84111981，84111160
地　　址：广州市新港西路 135 号
邮　　编：510275　　　　传　真：020-84036565
网　　址：http://www.zsup.com.cn　　E-mail:zdcbs@mail.sysu.edu.cn
印 刷 者：广东省农垦总局印刷厂
规　　格：787mm×1092mm　1/16　13.75 印张　225 千字
版次印次：2016 年 10 月第 1 版　2016 年 10 月第 1 次印刷
定　　价：45.00 元

希望本丛书对培养学生，特别是理科博士生们的科学创造能力会有所助益。

林定夷

作者简介



林定夷，男，1936年出生于杭州，中山大学退休教授，曾兼任国家教育部人文社会科学重点研究基地评审专家，教育部科学哲学重点研究基地（山西大学科学技术哲学研究中心）首届学术委员会委员，中国自然辩证法研究会科学方法论专业委员会理事，华南师范大学客座教授，《自然辩证法研究》通讯编委，《科学技术与辩证法》编委，目前仍兼任国家自然辩证法名词审定委员会委员，中国自然辩证法研究会科学方法论专业委员会顾问，华侨大学问题哲学研究中心学术委员会主席。此前曾出版学术专著《科学研究方法概论》《科学的进步与科学目标》《近代科学中机械论自然观的兴衰》《科学逻辑与科学方法论》《问题与科学研究——问题学之探究》《科学哲学——以问题为导向的科学方法论导论》，编撰大学教程《系统工程概论》，主编《科学・社会・成才》，在国内外发表学术论文100余篇。其学术研究成果曾获得首届全国高校人文社会科学研究优秀成果奖二等奖、全国自然辩证法优秀著作奖二等奖、中南地区大学出版社首届学术类著作奖一等奖、全国大学出版社首届学术类著作奖一等奖、广东省哲学社会科学研究优秀成果奖一等奖、首届广东省高校哲学社会科学研究优秀成果奖二等奖、中山大学老教师学术著作奖等多种奖励。

总　　序

我在拙著《科学哲学——以问题为导向的科学方法论导论》一书中，曾经较系统地阐述了我对科学哲学几十年研究思考的一些成果，于2009年出版并于2010年重印。从此书出版后的五六年间的情况来看，读者们对此书的反映良好，在某种程度上，甚至有些出乎我的意料。当年，当出版社与我商量出版此书的时候，我明白地向他们坦陈：出版我的这本书肯定是要亏本的，它不可能畅销；我的愿望只是，这本书出版后，第一年有10个人看，10年后有100个人看，100年后还有人看。但出版社的总编辑周建华先生却以出版人的特有的眼光来支持我的这本书的出版，他主动为我向学校申请了中山大学学术著作出版基金，并于2009年让它及时问世。从出版后的情况来看，情况确实有些超乎我的想象。这本书的篇幅长达72.5万字，厚得像一块砖头，而且读它肯定不可能像读小说那样地轻松愉快。设身处地地想，要“啃”完它，那确实是需要耐心、恒心的。但事后看来，第一年过去，肯定有10个以上的人看完了它（我这里说的不是销量，销量肯定是这个数的数十倍乃至上百倍，但我关心的是读者有耐心确实看完了它，因为这才是我和读者的心灵交流），因为在网上读者阅后对它发表了评论的就不下10人。现在5年过去，读完此书的人也肯定不止10人，也不止100人，因为已经看到至少有百人左右在网上发表了他们阅读后或简或繁的评论。更重要的是，读者与我之间发生了某种共鸣，甚至给了我某种特殊的好评。就在亚马逊网上，我看到至少有7个评论，其中有一位先生做出了如下评论，兹录如下：

评论者　caoyubo

该书为中国本土科学哲学家最有学术功力著作之一，几乎在每一个科学哲学的主题方面作者都能做到去粗取精，去伪存真，发自己创见之言，特别在构建理论、科学问题、科学三要素目标、科学革命机制等章节都有超越波普尔、库恩等大师的学术见解。作者通过分析介绍前人观点，分析

得失，提出问题，给出自己解决结果，展现科学哲学的背景知识和自己贡献，分析深透，论证有力，结论信服。该（书）应该成为我国基础研究人员和对科学方法论关心的人员的必读著作。本书是笔者见到的本土最有力度的科学哲学著作，乃作者一生心血之结晶。

（注：其中括号内的“书”字可能是评论者遗漏，我给补充上去的——林注）

还有一些年轻的朋友发表了如下评论和感慨：

评论者　yeskkk

可惜我不敢攻读哲学类的专业，不然我肯定会报读中大的哲学，日后就研究科学哲学！我并非完全赞成作者的观点，但我是被说服了。我只感到很难反驳，我只能拥护他的观点。要说使得我不得不每页花上两分钟来看的书（不是说很难看，而是佩服得不敢快点看），目前就只有《给教师的建议》和这本书了。

评论者　yaogang

通读完这本书，感觉很有价值，本是抱着试试看的态度买这本书的，殊不知咱国内也有写出这样著作的学者，不容易!!!!

更令人欣慰的是，复旦大学哲学学院科学哲学系（筹）系主任张志林教授亲口告诉笔者，他们指定我的这本书是该系科学哲学博士生唯一的一本中文必读参考书。

但通过与读者交流和我自己的反思，我深感我的那本书还没有完全实现我的初衷，也并未能真正满足读者的需要。我写的那本《科学哲学——以问题为导向的科学方法论导论》，其本意是要面向科技工作者、理工科的研究生（博、硕）、大学生，尤其是那些正从事研究的科学家们的。在那里我写道：“在我看来，科学哲学的著作，应当具有大众性。它的读者对象绝不应该只局限于科学哲学的专业小圈子里，它更应该与科学家以及未来的科学家的后备队，包括大学生、研究生进行交流。让他们一起来思考和讨论这些问题，以便从中相互学习，相得益彰。”但这本书写得这么厚，就十分不便于实际工作中的科学家和学生花费那么大的精力和

那么多的时间去啃读它，所以有的实际科研工作者诚恳地向我建议，应当把它打散成为一些分专题的小册子，让实际的科研工作者和学生有选择地看自己想要看的那个专题。

此外，那本书主要是以学术著作的形式来写作和出版的，因此主要就限制在从正面来阐述和论证我的学术见解，对于本应予以批判的某种影响广泛的庸俗哲学以及在国内甚至在科学界存在的混淆科学与非科学甚至伪科学的情况，虽然我如骨鲠喉，不吐不快，但是为了让此书在我国当时的条件下能顺利出版，我还是强使自己“咽住不吐”，即使有所漏嘴，也没能“畅所欲言”。现在，我想在这套丛书中，来补正这两个缺陷。我把这套丛书定位在中高级科普的层次上，主要对象就是科技工作者和正在跟随导师从事研究的理工农医科博、硕研究生以及有兴趣于科学哲学的广大知识分子。

一般说来，所谓“高级科普”，其本来的含义是指“科学家的科普”，即专业科学家向非同行科学家介绍本专业领域最新进展的“科普”，是以（非同行）科学家为对象的“科普”，而这样的“科普”同时具有很强的学术性，是熔“学术性”与“科普性”于一炉的“科普”。而“中级科普”则是介于高级科普与完全大众化的所谓“低级科普”之间的科普。当然，我们这样来定位“高级科普”，是以某些成熟的自然科学为参照来说的。其实，所谓的“学术性”与“科普性”，在不同的学术领域是不同的。特别是就某些哲学和社会科学领域而言，它们的“学术论文”往往并不像某些成熟的自然科学领域的研究论文那样，仅仅是提供给少数的同行专家们看的，并且也只有少数同行专家才能看得懂。相反，在这些哲学、社会科学领域里所产生的研究论文，尽管都是合乎标准的“学术论文”，但它们本身却同时具有“大众性”。这些论文往往是提供给大众看的，至少对于知识分子“大众”而言，他们往往是能够大体读懂它们的。因此，这些学术性的研究论文，它们本身已具有一定的科普性。在那里，中、高级科普与学术论文就“大众性”方面而言，其界限往往是模糊的。此外，我们还得说清楚，我们在这里把这套丛书定位在“中高级科普”的层次上，也只能说是一种借喻，在某种意义上，它是“词不达意”的。其关键就在于“科普”这个词上。“科普”者，乃是指“科学普及”，但我们这套丛书乃是科学哲学的普及读物。而哲学，包括科学哲学，并不是可以笼统地叫作“科学”的。相反，除了认识论等等局部领域以外，就

哲学的总体而言，其主体是不能称之为“科学”的。关于这一点，大家阅读了本丛书的第一分册《科学·非科学·伪科学：划界问题》以后，就会知道了。所以，本丛书原则上是一套中高级的科学哲学普及读物，而哲学，包括科学哲学，就目前的发展水平而言，除了某些领域（如逻辑学、分析哲学、语言哲学和部分意义上的科学哲学等）以外，其学术性与中高级科普的界限实际上还是难以区分清楚的。

在本丛书中，作者除了想克服前述的两个缺陷以外，更想在已有研究的基础上，对科学哲学中诸多问题的思考，做出进一步的深化和拓展。所以在本丛书中，作者在已发表的成果的基础上，对不少问题的研究做出进一步的展开，此外，还对一些重要问题做了深化的表述。

作为科学哲学丛书，我们想在这里首先向读者简要介绍何谓“科学哲学”。“科学哲学”这一词组，它所对应的是英语中 philosophy of science 这个词组，它的主体部分是科学方法论。英语中有另一个词组是 scientific philosophy，业界约定把这个词组翻译为“科学的哲学”，这个词组的意思是，有一种哲学，它是具有“科学性”的，因而它本身可以看作一门“科学”。实际上，像这样的所谓的“scientific philosophy”是不存在的。虽然有的哲学常常自夸它是一种具有科学性的“哲学”，或者自命自己是一门“科学”，甚至是“科学的最高总结”。而关于 philosophy of science，从业界的习惯而言，对它（即“科学哲学”）可以有广义和狭义的理解。从狭义而言，科学哲学就是“科学方法论”。而“科学方法论”也并不研究科学中所使用的一切方法。科学中所使用的方法（the methods used in science）原则上可以分为两类：一是由科学理论所提供的方法，二是由元科学理论所提供的方法。

从原则上说，任何一门科学理论都具有方法上的意义，都能向我们提供一定领域中的科学研究的方法。因为任何一门科学（自然科学和社会科学）都研究并向我们提供了一定领域中的自然和社会发展的规律，而从一定意义上说，所谓方法，就是规律的运用；方法是和规律相并行的东西，遵循规律就成了方法。所以，从这个意义上说，尽管为了实现一定的目的，方法可以是多样的，但方法又不是任意的。我们演算一道数学题，尽管可以运用许多种方法，但是它们实际上都要遵循数学的规律，都是数学规律的运用。在生物学研究中，我们运用分类方法，这种分类方法的实质是对自然界中生物物种关系的规律性知识的运用；人们首先获得了这种

规律的认识，然后再自觉地运用这种规律去认识自然，就成了方法。同样，光谱分析法是近代化学分析中的一个极其重要的方法。但这种方法的基础就是对各种元素的原子光谱谱线的规律性的认识，把这种规律性认识运用于进一步的研究，就成了光谱分析法。由此可见，科学研究中所运用的方法，有一部分是由（自然）科学理论本身所提供的，是存在于（自然）科学本身之中的。一般而言，对自然界任何规律（一般规律和特殊规律）的认识，都可使之转化为对自然界的研究方法（对社会规律的认识也一样）。我们所认识的规律愈普遍，其所对应的方法所适用的范围也愈宽广；反之，由特殊规律转化而来的方法也只适用于特殊的领域。

但是，自然规律是自然科学的研究对象，这种由自然规律转化而来的方法（如生物分类法、光谱分析法）是各门自然科学的内容，也就根本用不着建立另外的什么学科来涉足这些方法了。原则上，这种由自然规律转化而来的方法可以归入 scientific methods 一类，虽然它也是一种 the methods used in science。所以，科学方法论作为一门研究专门领域的独立的学科，并不研究科学中所运用的这样一类方法，即由各门科学理论本身所提供的那种方法。

那么，科学方法论究竟研究一些什么样类型的“科学方法”呢？

问题在于：在科学中，除了必须运用由各门自然科学理论本身所提供的方法以外，在各门科学的研究中，还不得不运用另一类方法，即通过研究元科学概念和元科学问题所提供的方法。科学方法论所研究的正是这一类方法，所以，科学方法论是一门独特的学科，它有自己的独特的研究领域；它是一门以元科学概念和元科学问题为研究对象的特殊学科。因为它以元科学概念和元科学问题为对象，所以归根结底它也是一门以科学为对象的学科。从这个意义上，科学方法论也可以被归结为一门元科学。所以，从这个意义上，科学哲学不是一门科学。科学以世界为对象，科学哲学则以科学为对象，两者的研究方法也不同。科学运用科学方法论，科学哲学则以研究科学方法论为内容。

那么，简要地说来，什么是“科学方法论”呢？

科学方法论是一门以科学中的元科学概念和元科学问题为对象，研究其中的认识论和逻辑问题的哲学学科。

那么，又何谓“元科学概念”和“元科学问题”呢？

在自然科学中（社会科学也一样），常常不得不涉及两类不同性质的

概念和问题。其中有一类是各门自然科学本身所研究的概念和问题，如力学中的力、质量、速度、加速度等，或者，即使它们本身不是本门学科所研究的概念和问题，而是从旁的科学学科中引申和借用来的，如生物学中也要用到许多有机化学的概念，甚至也要用到“熵”这个物理学（具体说是热力学）中的概念。但不管如何，它们都属于自然科学本身所研究的概念和问题。但是，不管在哪一门自然科学的研究中，都不得不涉及另外一类性质上不同的概念和问题。这类概念和问题，是各门自然科学的研究都要以关于它们的某种预设作为基础，但又不是各门自然科学自身所研究的那些概念和问题。举例来说，在科学中，固然要使用诸如力、质量、速度、加速度、电子、化学键、遗传基因等科学概念，以及诸如万有引力定律、孟德尔遗传定律、中微子假说、β 衰变理论等科学定律和理论，这些概念、定律和理论都是由各门自然科学所研究的，它们属于各门自然科学本身的内容。这些概念、定律和理论，我们可以称之为“科学概念”、“科学定律”、“科学理论”。科学本身所要解决的是一些科学问题，诸如重物为什么下落，太阳系中行星的运动服从什么样的规律，等等。

但是，科学中还不得不涉及另外的一类不同性质的概念和问题。对于这类性质的概念和问题，各门自然科学都不加以研究，或者说，这些概念和问题不属于它们的研究对象。但是，各门自然科学都必须以关于它们的某种预设作为自身研究的基础。举例来说，例如，各门自然科学中都不得不使用诸如假说、理论、规律、解释、观察、事实、验证、证据、因果关系，以至于“科学的”、“非科学的”这些用以描述科学和科学活动的概念和语词。这些概念和语词及其相关的问题，都不是任何一门自然科学所研究的，但在各门自然科学的研究中却都预设了这些概念的含义以及相关问题的答案。例如，当某个科学家说他创造了某个理论解释了某个前所未释的现象，或某个理论已被他的实验所证实等等时，这就马上引出了一些问题：我们凭什么说，或者是依据了什么标准说，某个现象已获得了解释，特别是科学的解释？我们又是依据了什么标准说，某个理论已被他的实验观察所证实？当科学家们做出了这种断言时，逻辑上真的合理吗？又如，为什么有的解释不能成为科学的解释？例如，对于同一个物理现象，比如纯净的水在标准大气压力下，温度上升到 100℃沸腾，下降到 0℃结冰，对此，物理教科书中有一种解释，黑格尔式的辩证法又另有一种解释（它用质、量、度等这些概念来解释）。这两种解释所解释的都是同一种

物理现象，而且看来都合乎逻辑，只要承认它的前提，其结论是必然的。但为什么黑格尔式的辩证法用“质”、“量”、“度”等概念所做出的解释不能写进物理教科书，不能被认为是一种科学的解释呢？原因在哪里？科学理论必须满足什么样的特点和结构？科学的解释必须满足什么样的特点和结构？今后我们会知道，科学解释都是含规律的。但是，什么是规律呢？什么样的命题才称得上是规律呢？规律陈述必须满足什么样的特点和结构呢？你可能会说，规律陈述必须是全称陈述并且是真陈述。但是，试想，这样的答案能站得住脚吗？又如，通常都说，科学家总是通过实验观察以获得事实来检验理论的，甚至说，实验观察是检验理论的最终的和独立的标准。但是，通过合理的反思，我们就要问，实验观察就不依赖于理论吗？实验观察中通常要使用测量仪器，但我们为什么要相信仪器所提供的信息呢？仪器背后的认识论问题到底是怎样一回事？一个简单的事实就是，仪器背后就是一大堆的理论。所有这些就是元科学概念和元科学问题。

所谓“元科学概念”和“元科学问题”，就是指那些各门科学的研究都要以它的某种预设做基础，却又不是各门科学自身所研究的那些概念和问题。这里所谓的“元”（meta-），是指“原始”、“开始”、“基本”、“基础”的意思。

由此看来，科学哲学（我们这里主要是指科学方法论）与科学的关系是非常密切的，但它又不是科学本身。它们两者所关注和研究的问题是很不相同的。那么，科学哲学和科学究竟有一些什么样的关系呢？简要地说来，它们两者的关系可以形象地大体概括为：

1. 寄生虫和宿主的关系

即科学哲学必须寄生在科学上面，它离开了科学就无法生存与发展，从这个意义上，作为一名科学哲学家，就必须懂得科学，有较好的科学素养。如果一个科学哲学家自己不懂得科学，所谈的“科学方法论”只是隔靴搔痒，与科学实际上没有关系，那么，他所说的“科学哲学”或“科学方法论”就没有人听，至少科学家不愿意听。

2. 互为伙伴

就是说科学哲学与科学是互为朋友，相互帮助，相得益彰的。一方面，科学哲学的研究与发展要依赖于科学，但另一方面，科学哲学又能对科学的发展提供帮助。目前在国内，由于某种特殊的原因，哲学在知识界

的“名声不好”，所以有许多科学家内心里贬低哲学，但这只是由于某种历史造成的误解所使然，许多人把哲学笼统地理解为那种特殊的“贫困的哲学”。实际上，哲学，特别是科学哲学，对于科学的发展是会提供许多看不见的重大帮助的。举例来说，爱因斯坦的科学研究就曾深深地得益于科学哲学的帮助。爱因斯坦一生都非常注重科学哲学的学习与研究。早在他年轻的时候，他就与几个年轻好友组织了一个小组，自命为“奥林匹亚科学院”。他们在那里一起讨论科学和哲学问题，特别是一起阅读科学哲学的书籍。在那个小组里，他们从康德、休艾尔到孔德、马赫甚至彭加勒的书都读。爱因斯坦建立相对论，与实证主义哲学对他的影响关系十分密切。爱因斯坦自己曾经高度评价了马赫的科学史和哲学方面的著作，认为“马赫曾以其历史的、批判的著作，对我们这一代自然科学家起过巨大的影响”，他坦然承认，他自己曾从马赫的著作中“受到过很大的启发”。他的朋友，著名的物理学家兼科学哲学家菲利普·弗兰克也曾经说：“在狭义相对论中，同时性的定义就是基于马赫的下述要求：物理学中的每一个表述必须说出可观察量之间的关系。当爱因斯坦探求在什么样的条件下能使旋转的液体球面变成平面而创立引力理论时，也提出了同样的要求……马赫的这一要求是一个实证主义的要求，它对爱因斯坦有重大的启发价值。”20 世纪伟大的美国科学史家霍尔顿也曾经指出，在相对论中，马赫的影响表现在两个方面。其一，爱因斯坦在他的相对论论文一开头就坚持，基本的物理学问题在做出认识论的分析之前是不能够理解清楚的，尤其是关于空间和时间概念的意义。其二，爱因斯坦确定了与我们的感觉有关的实在，即“事件”，而没有把实在放到超越感觉经验的地方。爱因斯坦一生都在关注哲学、思考哲学。他后来对马赫哲学进行扬弃，并且有分析地批判了马赫哲学，这都说明爱因斯坦在哲学的学习、研究与思考上有了新的升华。爱因斯坦曾经自豪地声称：“与其说我是一名物理学家，毋宁说我是一名哲学家。”可见爱因斯坦一生深爱哲学，他的科学创造深深得益于他深邃的哲学思考。其他许多著名科学家也有这方面的深刻体验。

3. 牛虻

科学哲学对于科学而言，不仅只是依赖于科学，它与科学互为朋友，而且科学哲学有时候又会反过来叮它一下，咬科学一口。科学家研究科学，但他所提出的理论却不一定是合乎科学的。例如，著名的德国生物学

家杜里希提出了他的“新因德莱西理论”，他还自鸣得意，科学界最初也没有能对这种理论提出深中肯綮的批评。倒是科学哲学家卡尔纳普在一次讨论会上首先对这种理论进行了发难，指出这种理论根本不具有科学的性质，它只不过是一种形而上学理论罢了。一般不懂科学哲学的科学家很难做出这种深中肯綮的批评。又如，像前面所说的有的科学家动辄宣称我的实验观察证实了某个理论。这时，科学哲学家就可能站出来指责说：通过实验观察所获得的都是单称陈述，而理论则是全称陈述，你通过个别的或少数的单称陈述就宣称证实了某个理论，这种说法合理吗？科学哲学家会从逻辑上来反驳这种说法的合理性。科学哲学并不简单地跟在科学后面对科学唱颂歌，它对科学，对科学家的科学理论和科学活动，都会采取批判的态度。它可能从这个方面来推动科学前进。

然而，科学哲学和科学尽管有密切的联系，却又有原则的不同；科学哲学家的任务与科学家的任务有原则的不同，相应地科学哲学的研究活动与科学的研究活动也有原则的不同。具体地对某些自然现象做出科学解释，这是科学家的科学活动，但对科学解释的一般结构和逻辑做出认识论反思，这却是科学哲学的任务。具体地通过实验观察来检验某一种科学理论，这是科学家的科学活动，但思考科学理论究竟是怎样被检验的，进而一般地探讨科学理论的检验结构与检验逻辑，这却是科学哲学的课题。在具体的科学研究中选择某一种理论作为自己的研究纲领，这是科学家的科学活动，但对这些活动进行反思，思考一般地说来在科学研究中，应当怎样评价和选择理论；提出在相互竞争的科学理论中，评价科学理论的一般标准或评价模式，这就是科学哲学的任务了。这种界限还是比较清楚的。尽管许多科学家在进行科学活动的时候，不得不去探讨这些元科学问题，甚至提出某种元科学理论。但当他们这样做的时候，我们就说他作为科学家在进行哲学思考。这种思考本身不是科学研究，而是属于哲学方面的研究。一个科学家很可能同时是一个哲学家，正像有的哲学家当他介入具体的科学研究之中，去具体地创立某种科学理论或检验某种科学理论的时候，他就是在从事科学的研究并成为一个科学家一样。

通过以上说明，我们应当已大体说清楚科学哲学或科学方法论是什么，它们与科学的关系是什么了。

本丛书总共包括以下五个分册，分别是：

(1)《科学・非科学・伪科学：划界问题》。

（2）《论科学中观察与理论的关系》。

（3）《问题学之探究》。

（4）《科学理论的演变与科学革命》。

（5）《关于实在论的困惑与思考：何谓“真理”》。

以上这些内容大体上涵盖了20世纪以来科学哲学研究的主干问题。本丛书除了分析性地提供这些领域上的背景理论以外，也着重向读者提供了作者在这些领域上的研究成果，以供读者批评指正。作者的目的在于抛砖引玉，冀希于我国学者在科学哲学领域中做出更多的创造性成就。

前　　言

问题是科学研究的灵魂。科学研究从问题开始，问题指导研究，推动研究，贯穿于科学研究的始终。在科学研究中，问题的深入就是研究的深入。一部科学史，可以说就是问题的历史，是问题不断展开和深入的历史。有鉴于此，作者曾长期关注于“问题”的理论研究，认为应当把“问题”看作是科学哲学或科学方法论研究中的一个主要范畴，并试图为它建立起某种系统的理论。但这又谈何容易？在整个国际科学哲学界，对于“问题”的理论研究，始终是一个薄弱环节，更遑论国内？在国际上，创导应建立“问题学”，是在1987年召开的第八届国际逻辑学、科学方法论和科学哲学大会上由В. ф. Берков等学者首先提出来的。但在此之前，大约在1980年，我已在着手对问题的理论开始进行系统的探索，发表了一系列论文，特别是1992年，我的自报课题《问题与科学研究——问题学之探究》终于获得了中华社会科学基金会的立项资助，其成果于1994年通过评审，获得专家组的高度好评。又历经十余年的深入研究和探索，我的这项研究自认为可以拿出来“见公婆”了，并终于于2006年列入“中国科学哲学丛书”出版。该书于2007年获得了中南地区大学出版社学术类著作一等奖，2009年又获得了全国大学出版社首届学术类著作一等奖。但我自知知识不足，研究还大大地有待于深入。为了与理科读者们，特别是与科学家们进行交流，我不端丑陋，把我的这项研究以简约本的形式塞进了现在的这套丛书，以便进一步接受读者们的批评指正，特别是希望得到在这方面有着深入的切身体验的科学家们的批评指正。

在本书中，我就试图以较简要的方式，阐述笔者曾经长期探索并且在笔者看来是有望成为科学哲学的一门新的分支学科的“问题学”理论。

从作者的初步探索来看，作为科学哲学的一门分支学科的问题学理论，可以覆盖广泛的范围。择其主要的而言，它至少应当包括以下方面：

（1）“问题”在科学研究中的作用和地位（第一章中所讲到的杜威、波普尔、劳丹的工作，大都属于这一方面的工作）。

（2）“问题”的实质，“科学问题”的界定。

（3）科学目标与科学问题的关系。

（4）科学进步的动力学机制。

（5）产生科学问题的通道。

（6）科学中问题的结构与问题逻辑。

（7）科学问题的价值评价及评价模式。

（8）科学问题的难度评价及评价模式。

（9）科学中问题分解的一般模式。

（10）科学中“问题序”的结构与逻辑。

（11）问题与科学发现：事实的发现与理论的发明。

（12）解决问题的方法论探究（如解决问题的启发式程序等）。

扩展开来，其实问题学的研究内容还应当而且可以越出科学哲学的范围，应用既有的和发展了的理论，去研究和探索决策问题的结构和逻辑，工程问题的结构和逻辑以及相关的方法论问题。笔者也曾经花费不少的精力去研究过这方面的问题，也发表过这方面的论文。笔者于2006年所出版的专著《问题与科学研究——问题学之探究》中，作为附录载入的《问题学与系统工程方法论》中，总共包含有四节：①运筹学与系统工程如何解决问题；②技术发明的方法与邓克尔实验；③良结构问题和硬系统工程方法论；④不良结构问题和软系统工程方法论（总共约65000字）。这些内容实际上就涉及决策和工程技术的方法论问题了。但由于本丛书乃是“科学哲学丛书”，所以我们在本丛书中就不去涉及这些问题。有兴趣的读者可参阅拙著《问题与科学研究——问题学之探究》的附录部分，并敬请批评指正。

目　　录

第一章　问题学探究之背景 / 1
　第一节　科学家们如是说 / 3
　第二节　科学史的启示 / 7
　第三节　哲学家们的思考 / 19
　第四节　科学中的理性怀疑主义和科学家的好奇心 / 50
　第五节　呼唤建立问题学 / 59

第二章　问题的实质和定义，科学问题的界定 / 65
　第一节　以往的科学哲学家关于“问题”定义的探讨 / 66
　第二节　关于“问题”的实质和定义的新探讨 / 69
　第三节　疑难和科学问题，科学问题的界定 / 78
　第四节　由“科学问题”引向“科学目标” / 87

第三章　科学的目标，科学进步的三要素目标模型 / 90
　第一节　科学进步与科学目标 / 90
　第二节　科学进步的三要素目标模型
　　　　——科学的实际可检测的目标 / 96
　第三节　个案分析 / 107
　第四节　蕴含的结论 / 112
　第五节　科学中产生问题的通道 / 116

第四章　科学中问题的结构与问题逻辑 / 129
　第一节　问题的类型与问题的指向，问题形式的归约 / 130
　第二节　问题的应答域和问题的解，解题的规则 / 136
　第三节　问题的一般结构与求解机制 / 140
　第四节　真问题和伪问题，正确的问题和错误的问题 / 144

第五节　提出问题和解决问题的逻辑略述 / 149
第五章　科学中课题的选择，科学问题的分解和转移 / 152
第一节　科学研究中课题的选择 / 152
第二节　科学研究中问题分解的一般模式 / 157
第三节　科学研究中问题的转移 / 165

第六章　科学中问题的难度评价和价值评价 / 173
第一节　科学中问题的难度评价及评价模式 / 173
第二节　科学中问题的价值评价及评价模式 / 179

第七章　问题与科学发现：事实的发现与理论的发明 / 188
第一节　库恩：科学中事实的发现与理论发明的关系 / 188
第二节　问题学为事实的发现与理论的发明的关系提供深层次的全面的理论说明 / 191

第一章　问题学探究之背景

在本分册中，笔者试图探索在本人看来是有望成为科学哲学的一门新的分支学科——“问题学”理论。

但是，“问题学”作为有望成为一门科学哲学之新分支的学科或理论，它真的有此现实性吗？对此，不可盲目回答。无论何人，在试图涉足构建“问题学”理论的“狂妄野心”之前，必须首先认真思考构建这门理论的现实可能性。为此，让我们首先简要考察一下建立“问题学”这门学科的背景。

为了研究科学方法论，作者一再获得的印象是，“问题”这个概念在科学方法论研究中的实际重要性。在笔者看来，科学研究不但从问题开始，而且问题推动研究，指导研究，问题的深入就是研究的深入，问题是科学研究的灵魂，贯穿于科学研究的始终。所以，笔者大约从 1980 年就开始重视从科学方法论的角度上探索关于科学研究中的“问题”的理论，并大约从 1981 年起，笔者开始在刊物上发表关于“问题”研究的论文，其中涉及问题在科学研究中的作用，科学中产生问题的通道，科学问题的提出与评价，科学中问题的结构与问题逻辑，科学问题与科学目标等等，并在拙著《科学研究方法概论》[①] 一书中，在国内首次在科学方法论的专著中设专章来讨论“科学研究中的问题”。大约经过了近 10 年的研究与积累，在 1990 年前后，笔者开始有了这样的设想：在原有的对科学中有关“问题”的理论的各个方面的课题研究的基础上，试图想探索性地构建起一门关于“问题学”的系统的理论，并于 1990 年发表的一篇论文中首次打出了“问题学”的旗号。接着于 1992 年向国家社会科学学术研究基金会申请到了自报课题“问题与科学研究——问题学之探究”的资金资助，并于 1994 年初步完成了所申报的课题，以 23 万多字的书稿上交基金会，获得了专家组的审议通过，专家组对我的研究成果给予了高度的好

---

① 林定夷：《科学研究方法概论》，浙江人民出版社 1986 年版。

评。当时也有出版社主动与我联系出版此书的事宜，但我不假思索地就予以婉拒了，因为我自己对研究成果还不满意。又经过了 12 年，即直到 2006 年，我才敢把它拿出来出版，而此时的书稿已经过删节、补充、调整，面貌已经大改，全书达到了 40 万字。在这 20 多年里，对“问题”的研究，在国内，我几乎是长时间地、傻乎乎地“孤军作战”，找不到一个适当的团队可以共同研究。由于在我们这个学科的小小共同体里，注重研究“问题”的几乎就是我一个，于是在我们的学界里，有人就开玩笑地戏称我为“林问题”。我也深深地感到并自认，在这个领域的研究中，我只是一个“孤独的思考者”。

当我于 2006 年准备向出版社交付我的《问题与科学研究——问题学之探究》一书的书稿时，我在书中讲到“问题学探究的背景”时，还颇有感叹地写下了如下的话：“迄今为止，最为令人懊丧的背景是，直至目前，整个学术界还几乎没有人认可会有‘问题学’这样一个东西，也不理会有它存在的可能性。尤其在国内，多年来除了有少数几篇追随或评述卡尔·波普尔或拉里·劳丹关于问题之理论的文章以外，几乎没有人试图对问题理论做独立研究，更不要说系统研究了。面对此情此景，近 30 年来，抱着试图构建‘问题学’之系统理论的我，眼见自己早已年逾古稀，身体日见衰老，从学术的角度上，实在有一种长期而莫名的孤独、寂寞，甚至凄凉、悲哀的感觉。多年来，只是偶尔见到《哲学研究》和《自然辩证法研究》上发现有个别作者对我的有关理论观点提出批评和商榷[①]，才使得我那颗孤独、寂寞的心稍稍获得摆脱，就像在荒漠中遇见了可以偶尔谈心的路人一样。”

但是，我同时也看到了光明。在那本书里我也同时强调，在我们所面临的背景中也还存在有一些令人欣慰的方面，这些正是鼓励我建立问题学的信心和动力。下面，我们就来细述问题学探究所已具有的令人欣慰的背景。

---

① 魏发辰：《关于问题哲学的基本问题的探讨——兼与林定夷先生商榷》，载《哲学研究》1989 年 12 期；王宏波、谢青：《论决策问题的基本逻辑结构》，载《自然辩证法研究》1994 年第 5 期。

第一节　科学家们如是说

全世界那些最著名的科学家们都曾经根据他们的切身体会和对科学的深刻理解，对于“问题”在科学研究或科学发展中的作用，说出过许多发人深省的至理名言。

爱因斯坦在与英费尔德合著的《物理学的进化》一书中，曾经把“问题”看作是科学发展的契机，把物理学进化的历史看作是问题不断展开和深化的历史。在他们所写的这部著作中，自始至终都是以“问题”为红线来展开他们所理解的“物理学之进化”的。也正是在这个意义上，他们发出了如下的至理名言：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。因为解决一个问题也许仅是一个数学上的或实验上的技能而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧的问题，却需要创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”①

希尔伯特是横跨 19 世纪和 20 世纪的最伟大的数学家。1900 年，希尔伯特作为当时最有权威的数学家，应邀在当年召开的第二届国际数学家大会上做了题为《数学问题》的著名报告。在这篇报告中，他同样把“问题”看作是科学和数学发展的灵魂。在报告中他指出：“只要一门科学分支能提出大量的问题，它就充满生命力；而问题的缺乏则预示着独立发展的衰亡和终止。”正是着眼于“问题”是科学和数学发展的灵魂，所以他的报告着眼于提出问题。他的这篇报告的视野遍及当时的几乎整个数学领域，从中抽引出了最富有生命力的 23 个问题，即后世所称的著名的“希尔伯特问题”。这些问题，从它被提出的那天起，就始终像一块强大的磁石那样，吸引着全世界数学家的兴趣，推动着数学的发展。即使在今天，这些问题也仍然具有诱人的魅力，因为其中有些问题虽然已经解决，但却又引出了新的问题；有些问题虽然被否定，但却因此打开了一门科学的新的研究途径；还有些问题虽尚在研究之中，却也已经结出累累硕果，并且肯定还会由此揭示出许多更新的问题。有鉴于希尔伯特问题对 20 世纪数学发展的伟大推动作用，国际数学家们曾专门为此撰写了一本文集，并于 1976 年以美国数学学会纯数学讨论会会报的形式出版，其书名就是

① 爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，上海科学技术出版社 1962 年版，第 59 页。

《希尔伯特问题引起的数学发展》。[①]

在科学的历史上，通过对科学背景知识的分析而提出的科学问题，特别是基础自然科学中的问题，通常总是以否定的形式向当代的科学理论提出疑难和诘难。这种疑难和诘难有时甚至带有极大的挑战性，动摇了那一时代科学的根基，以致被某些人称之为“灾难”和“不详的乌云”，由此造成了科学的危机。就在 19 世纪末 20 世纪初的那段物理学所经历的最为动荡的年代里，接二连三的科学发现冲击了物理学中原有的经典理论。首先是 1887 年由迈克尔逊和莫雷所完成的以太漂移实验所获得的零结果，与经典物理理论的预测相反，使科学家们大为震惊，接着是由于对比热和热辐射定律的研究，特别是由于瑞利和琼斯从经典理论所导出的瑞利－琼斯公式不但在紫外线区与实验结果不一致，而且实际上导致发散的荒谬，这意味着经典物理学在深层次的理论基础上出了问题，因而被称为“紫外灾难”。还有布朗运动的发现，更由于由伦琴射线之发现所引发的科学发现的“雪崩现象”，其中包括放射性现象的发现（贝克勒尔）和镭及其热效应的发现（居里夫妇）等等，更是极大地冲击了经典物理学的理论基础。当时，科学界面对这些新发现目瞪口呆，众说纷纭，莫衷一是。著名的物理学家开尔文勋爵不承认 X 射线和放射性现象的实验发现，他指责伦琴的 X 射线的发现是一场“精心策划的骗局”[②]，对于镭的热效应，他也不愿意承认这是放射性现象，甚至宁可违背他自己亲自参与发现的热力学第二定律，硬说那镭块所不断释放的热能是从它的周围得到的[③]。由于他不承认这些，所以他竟还比较乐观。他在 1900 年所做的迎接新世纪的演说中，还满怀自信地宣称“物理学的大厦已经建成……”[④]。只是对于以太漂移实验和黑体辐射实验所带来的后果稍有点儿担忧，称之为“在物理学的晴朗天空中还有两朵不祥的乌云”[⑤]。但是，对于另外许多科学家来说，那种由新发现所带来的冲击就要严重得多了。洛伦兹就发出过如下感叹：“今天，人们提出了与昨天所说的截然相反的主张。这样一来，已经没有真理的标准了，也不知道科学是什么了。我真后悔我未能在

---

① 康斯坦西·瑞德：《希尔伯特》，上海科学技术出版社 1982 年版。

② 参见汤普逊《拉各斯的威廉·汤姆逊——开尔文男爵生平》。

③ 同上书。

④ 同上书。

⑤ 同上书。

这些矛盾出现以前五年死去。”[1] 直至20世纪20年代，当这场物理学危机所造成的一系列严重问题还困扰着人们的时候，当时的一位青年物理学家泡利在给友人的一封信中还发出了与洛伦兹类似的感叹：“在这时刻，物理学又混乱得可怕。无论如何，它对我来说是太困难了，我希望，我曾是一个电影喜剧演员或者某种类似的东西，而且从来没有听到过物理学。”[2] 但目光敏锐、思想深邃的数学家兼物理学家普恩凯莱面对这种复杂的形势，却做出了非常冷静的分析，从而做出了完全不同的评价。他在于1905年出版的《科学的价值》一书中分析说，经典物理学（他当时称之为“原理物理学”）实际上是建立在六大原理的基础之上的。这六大原理是“卡诺原理”（即热力学第二定律）、“力学相对性原理”、“牛顿原理”（指牛顿第三定律，即作用力与反作用力大小相等、方向相反的原理）、“拉瓦锡原理”（指质量守恒原理）、“迈尔原理”（指能量守恒原理）和“最小作用量原理”。他认为，这些原理曾经被看作是非常有效的，因为“把这五六个普遍原理应用于不同的物理现象，就足以使我们认识它们，我们有理由期望了解它们。”[3] 但现在由于包括迈克尔逊实验、高速电子实验、镭的发现以及布朗运动的发现（布朗运动的发现当时被看作是对热力学第二定律的冲击）等一大堆实验事实发现的猛烈的、接二连三的冲击，以至于在当时的物理学界产生了一种普遍的危机感，物理学的基本原理（除了最小作用量原理以外）似乎面临着“普遍崩溃”的危险；有些物理学家甚至惊呼物理学的大厦大有顷刻崩塌之势，甚至已经崩塌，留下的只是一片废墟。但普恩凯莱却对物理学普遍原理因受到新事实的冲击而引发的严重问题做出了清醒的分析。他独具慧眼地通过分析指出：当时的物理学危机意味着物理学面临革命的前夜，它将导致一场深刻的革命。他满怀信心地向人们说：“是的，不错，那里存在着严重危机的迹象，似乎我们可以期待一种行将到来的变革。然而，不必太担心；我们确信，病人不会因此而死亡，我们甚至可以期望，这次危机将有益于健

---

① 转引自坂田昌一《坂田昌一物理学方法论文集》，商务印书馆1966年版，第4页。

② 菲尔兹、韦斯科夫主编：《沃尔夫冈·泡利纪念文集》，纽约，1960年。

③ 普恩凯莱：《科学的基础》（*The Foundations of Science*）。此书为普恩凯莱的三本著作《科学与假说》（1902）、《科学的价值》（1905）、《科学与方法》（1908）的合集。此书的中译本名为《科学的价值》，光明日报出版社1988年版。此处所引的文字见该书中译本，第287～288页。

康，因为过去的历史似乎向我们保证了这一点。”① 在他看来，所面临的这场物理学危机和革命所带来的绝不只是破坏，而是会有利于科学的进步和增长，并且新旧科学之间会有一定的继承性。他认为，科学的革命势必要冲破它原有的外壳，但“这正像蜕皮的动物一样，撑破它的过于狭小的外壳，换上新的外壳；在新的表皮之下，人们将能辨认出有机体保留下来的本质特征”②。

无独有偶，与普恩凯莱一样，在科学的历史上，麦克斯韦也曾经把科学理论由于面临证伪而造成的“问题”（他称之为“无知境界”）看作是“成为一切真正知识进展的前奏”。当麦克斯韦于1859年发表气体分子运动理论的详细内容的时候，就在他的同一篇论文中承认，这个理论被气体比热的测量结果所证伪。18年以后，他在评论气体分子运动论的时候写道：理论的预言中，“有一些和我们现今对物质结构的理解一致，因而无疑是使我们感到非常满意的。但是也还有一些却很可能会把我们最终从一向借以获得庇护的全部假说中驱赶出来，使我们进入成为一切真正的知识进展的前奏的那种彻底自觉的无知境界”③。

我们不再详细列举科学家们曾经怎样评价“问题”在科学研究和科学发展中的地位或作用。下面，我们将仅仅再简要地介绍一下科学家们曾经讲述过的其他相关论点。

著名物理学家海森堡说：“提出正确的问题往往等于解决了问题的大半。”④

著名英国动物病理学家贝弗里奇说：“确切地陈述问题有时是向解决问题迈出了一大步。”

希尔伯特则还曾在《数学问题》那篇著名报告中谈论到对“问题”的价值评价。他说：“想要预先正确地判断一个问题的价值是困难的，并且常常是不可能的，因为最终判断取决于科学从该问题得到的获益。”

细细品味科学家们这些从切身体验中提出的见解，实在是向我们提出

---

① 普恩凯莱：《科学的基础》（*The Foundations of Science*）。此书为普恩凯莱的三本著作《科学与假说》（1902）、《科学的价值》（1905）、《科学与方法》（1908）的合集。此书的中译本名为《科学的价值》，光明日报出版社1988年版。此处所引的文字见该书中译本，第284页。

② 同上书，第307页。

③ 转引自林定夷《科学研究方法概论》，浙江人民出版社1986年版，第54页。

④ 海森堡：《物理学与哲学——现代科学中的革命》，商务印书馆1981年版，第7页。

了许多深邃的哲学问题。例如，为什么“问题”能在科学研究或科学发展中起到如此重要的作用？它起作用的机制是什么？又如，科学家们虽然经常谈及“问题”，但从来没有真正去界定“问题”究竟是什么。那么，“问题”的实质究竟是什么呢？它的一般结构如何？何谓正确的问题？何谓错误的问题？它们的界限或判据是什么？还有些科学家曾提到“伪问题”一词，那么，何谓“真问题”？何谓“伪问题”？区别它们的判据又是什么？不同的问题对科学的价值显然是不同的，如何判别它们？希尔伯特虽然说，问题之价值的“最终的判断取决于科学从该问题得到的获益”，但这只是一种事后的判准。然而，实际上，科学家们却总是需要对问题的价值做“验前的”或事前的评价，即当问题提出来以后，科学还没有实际从该问题得到获益以前，就事先来评价该问题的价值。科学研究机关、科学管理部门，以及科学家在选题的时候，都常常不得不对“问题”的价值作事先的评价。事实上，当希尔伯特于1900年在第二届国际数学家大会上，从当时的数学背景中专门抽引出23个问题来向大会做报告时，他也是事先就掂量了这23个问题都是最有价值的，或至少都是有特别重大价值的。他事先预见到，对这些问题的研究，数学定能从中得到巨大获益，而不必待到实际获益后再来掂量。那么，对科学问题的价值该如何做事先评价呢？对“问题”本身有一个理解的问题，如何“理解”问题呢？

要回答科学家们的这些洞见背后的深邃的哲学问题是困难的。但是，十分明显，科学家们的这些洞见是十分正确的，是符合于科学发展的历史实际的。

下面，我们首先从历史的视角上就科学家们的洞见进行考察。在往后的章节里再去探索这些洞见背后所蕴藏的哲学问题，也就是设想中的“问题学”的内容。

第二节　科学史的启示

与科学家们的洞见相呼应，就问题学研究的“背景”而言，它的一个重要方面就是历史给我们的启示。

科学的历史启示我们，对科学而言，或对科学的认识论而言，“问题”都是一个十分重要而且基本的范畴。并且在与此相关的基本问题上，

传统观念还束缚着人们的思维，使我们不能获得真正正确的认识论观念。因而我们十分有必要从历史的角度，对相关的问题作深入的、有说服力的探索，看看历史究竟给了我们一些什么启示。

那么，科学的历史究竟给了我们一些什么样的启示呢？

一、科学研究从问题开始

科学研究是从哪里开始的？从学习前人知识开始吗？从实验观察开始吗？这是一个历来有争议的问题。在国际间，直到20世纪中叶以前，由于实证论和逻辑实证论等哲学思潮的有形无形的影响，在科学界，更不要说哲学界了，都认为科学研究是“始于观察”的。我们随便打开一本科学家撰写的教导青年如何从事科学研究的书，或阐述科学发展历史的书，往往都直言或浸透着科学“始于观察”的观念。这种状态，直到20世纪50年代以后（或者说得稍往前一些，直到第二次世界大战结束以后），由于卡尔·波普尔的哲学终于在国际间，尤其是在国际科学界和哲学界获得了广泛的影响，以及随后由于国际科学哲学界中历史主义学派的兴起，才有了转变。此后，科学界和哲学界才普遍地、逐渐地接受了新的观念，承认科学研究是“始于问题”而不是“始于观察”的。① 至于在我国，情况还要糟糕得多。至少直到20世纪80年代中期以前，不论是官方出版的“自然辩证法”教科书，抑或是各地自编的“自然辩证法”教科书，都是在某种特殊哲学的“指导”下，强调并向学生们灌输科学研究“始于观察”的思想。科学家们撰写的用以教导青年们的关于科学研究的方法的书也不例外。② 这些教材和著作中强调科学研究“始于观察”的观点，都十分“强而有力”，因为它们都依据于权威的“官方哲学”或直接从“官方哲学”中找到依据（顺便说说，能够有某种“官方哲学”，这在当今科学文化昌明的时代也实在是一种怪事。只是在我们中国特色的条件下，在过去几十年里，这已经是“见怪不怪”了。恕我直言，这种不正常的局面是早已应该结束了）。按照这种“官方哲学”，道理似乎很简单：观察

---

① 事实上，卡尔·波普尔在这个问题上的观念更为激进，他所强调的是“科学始于问题”，这是一个原则上正确而且更为深层的认识论问题。但由于对这个问题的论证已超出了本节所欲讨论的内容，所以我们暂时不去涉及它。在本节中，我们暂时只局限于强调“科学研究始于问题”。

② 王梓坤：《科学发现纵横谈》，上海人民出版社1978年版。王梓坤先生是中国科学院资深院士。

和实验是实践活动，是人们获得感性认识的方法；既然认识从实践开始，从感性然后上升到理性，科学研究当然应当而且必须从观察和实验开始！我于1983年写成，几经波折终于于1986年正式出版的《科学研究方法概论》，可以说是国内作者出版的著作中，第一部详细阐述了科学研究“始于问题”的著作。虽然我为此吃过许多苦头，我所在的当时中山大学哲学系的头目，曾严厉谴责我的这些观点是严重的“背离”和“反”（马克思主义），为此不但在1983年冬反精神污染的政治运动中，准备组织对我进行“革命大批判”，也阻挡住了我的职称评审。但是在校外，它终于还是有幸被某些同人所看中，并且通过柳树兹先生的推荐，被当年（1986年）由教育部委托中国人民大学举办的“全国自然辩证法师资培训班”上作为补充教材而与同行们见面。由于它与“培训班”上作为正式教材的“官方教材”在观念上全面对立而引起了争论，且被多数学员（他们多数出身于理科）所认同，这才迫使教育部于第二年（1987年）组织专家重新对官方教材做了较大的修改。此后各地出版的相应教材和著作也才有了相应的改变。

话说回来，在我国，官方哲学长期以来始终强调“科学研究从观察开始”。然而，科学认识的历史所表明的实际情况果真是“科学研究从观察开始”吗？非也！对此，我们在下面将详加讨论。那么，从科学的历史来看，从事科学探索的第一个环节应当是什么呢？怎样才能引导我们进入研究呢？正如当代许多有见地的科学家和哲学家所指出的那样，科学研究是从“问题”开始的；只有引起了问题，才可以说进入了研究。只有这种观点，才符合科学发展的历史。

学习前人的知识，固然是研究的必要条件，但是如果不从所接受的前人知识中引出问题，那么，这仅仅是在已有的知识体系中吮吸知识，并不会引导人们探索“未知”（的自然界），也就是说，并不会引导人们进入“研究”。从科学发展的历史来看，“问题”的产生固然常常与观察事实有关，但历史同时表明，如果仅仅观察到了事实，并不引起问题，那么这种观察到的事实，甚至是以往的人们所不曾观察到过的“新事实”，也只会让人熟视无睹，无动于衷，让其从眼前闪过，并不会引导科学家进入研究。

弗莱明（青霉素的发现者）是研究细菌学的。1928年9月的一天，他走进实验室偶然发现培养葡萄球菌的器皿里长满了绿霉，就是说培养基被污染了。通常认为这是实验中小小的失败，要求作重新处理。但弗莱明

发现，在绿霉的周围，培养基清澈明净，而在正常的葡萄球菌的繁殖区本来应当是呈现一种讨厌的黄色。他感到很奇怪：这是怎么回事呢？他进一步提出疑问：是不是绿霉有某种作用把它周围的葡萄球菌杀死了呢？于是带着这个问题，就使他进入了研究，不到一年就做出了重大成果（1929年6月），最后还为此获得了诺贝尔科学奖（1945年）。但同样的事实并不是弗莱明第一个观察到。根据史料记载，在弗莱明做出发现以后，著名的微生物学家斯科特和日本细菌学家古在由直都曾经回忆说，在弗莱明以前，他们都曾经在实验中遇到过同样的情况，但他们都把它当作实验中由于操作不慎而遭到的小小失败，把它简单地处理掉了。他们没有从中引出问题，于是他们在这个“事实”面前也就熟视无睹，无动于衷，遇到的“新事实”被他们当作习以为常的事情而从眼前溜过，观察和观察事实并没有引导他们进入研究。与此相类似的是，科学史上关于X射线的发现。作为这一伟大发现的诱导事实之一是：德国科学家伦琴观察到放置在阴极射线管附近的涂有亚铂氰化钡的硬纸屏上发出荧光和放置在实验室某处的照相底板莫名其妙地被感光。但同样的或类似的事实也不是伦琴第一个遭遇到。在他之前，美国费城的古德斯比德和英国的克鲁克斯在做阴极射线的实验时，都曾经发现过放置在实验室里的照相底版有异常现象。古德斯比德甚至实际上曾经于1890年2月22日（伦琴发现X射线是在1895底）无意中拍摄下了第一张X射线照片。但伦琴从照相底板被感光的观察事实中提出了问题，认为这是原来的阴极射线理论所不能解释的。“问题”引导伦琴进入研究从而使他发现了X射线，对X射线的现象做出了描述和初步的解释，并由此获得了巨大的应用。而古德斯比德虽然在伦琴做出发现之前，已经实际上拍下了第一张X光照片，但他并未由此引出不解的问题，而是认为那是由于阴极射线的效应所至而把那张模糊不清的照片扔进废相片堆中就置之不理了。直到五年以后伦琴宣布了自己的发现，他才想起来并从旧相片堆中把它找出来重新研究。所以，古德斯比德在1896年2月22日（他照下X光相片六周年的日子）在宾夕法尼亚大学作关于伦琴射线的报告时，不得不承认：“我们不能要求首先发现伦琴射线的权利，因为我们并没有发现这种射线。我们所能提出的就是，你们记得，六年以前，世界上第一张阴极射线照片是在某一天在宾夕法尼亚大学的物理实验室里拍摄出来的。”而克鲁克斯则是曾经发现一些照相底板模糊不清，当时只是把它当作这些照相底板质量不好而退还给了厂商，却并

没有理解到那是由于这些底板曾经放置在他的克鲁克斯管旁边，因而使它们感光而发黑。所以，克鲁克斯、古德斯比德和伦琴虽然都遇到了同样的现象，但前两人未曾从观察到的事实中引出不解的问题，所以也就对所观察到的新事实熟视无睹，无动于衷；新事实虽然从他们眼前闪过，但他们却不能发现或理解他们所观察到的事实是一种“新事实”，因而当然也就不能由此引导他们进入研究。而伦琴则是由于引起了问题所以才跟踪不息，在问题的指引下做出了进一步的精细观察，由此才终于使他抓住了机遇而做出了重大发现，判定出他所遇到的正是一种旧理论所不能解释的新现象，并对它做出了详细而精确的描述和初步的解释。像这一类现象在科学史上可以说比比皆是，在现实的科学活动和日常生活中也经常遇到。我有一位学生物学的学生，20 世纪 80 年代初期，当我为他们讲授“科学方法论”课程时，有一次他甚有感慨地向我讲述了一次相关的经历：一次，他在长满杂草的操场上踢足球，偶然看到了一种他熟知其名称的小草，长着小花。他当时没有顾得上想，继续踢足球。事后，他忽然想到：怪！按照植物分类学上的描述，这种小草是不开花的，它却怎么长着小花呢？于是他重新回来找到这棵小草掘了回去进行研究，最后经专家鉴定，确认这是一种以前未曾被发现过的一个新的亚种。他很高兴，他做出了发现，取得了研究成果。总之，历史和现实都表明，如果观察到了某一现象，假如并不引起问题，那么“观察”和“观察事实”并不会引导科学家进入研究。科学研究是从“问题”开始的。

但是，科学史和科学研究的现实也并不向我们直接提示科学研究是“始于问题”的，要真正牢靠地做出这种结论，还需要做进一步的分析。对于我们前面的议论，读者也许会问：你前面的那些议论固然有些道理，但并不能由此否定“科学研究始于观察”这个结论呀！从你所列举的事例中，“问题”都是从观察产生的。既如此，从你所强调的“科学研究始于问题”再往前深追一步，不就应当得出“科学研究始于观察”的结论吗？更何况“科学研究始于观察”这个命题无论如何似乎比别的命题更接近于我们所熟知的接近于常识的哲学认识论呢?!——对于这个问题，我们的回答是完全否定的。一方面，正如我们前面所已经强调的，只有引起问题才会引起研究，观察若不引起问题，绝不会导致探索过程。另一方面，即使在前面所说的实例中，我们也不能简单地认为“问题”是从观察产生的。事实上，那些成为问题的观察，仅仅是因为根据了某种理论，

它们才成为问题的。弗莱明的观察只是因为和葡萄球菌的繁殖区必然呈现黄色的见解相抵触才成为问题的；伦琴的观察只是对物理学中的原有理论，包括阴极射线的理论才成为问题的；那位学生的偶然观察也只是因为与那种小草本不应该开花的理论相悖才成为问题的。因此，在这里，与其说“问题”产生于观察，毋宁说“问题”产生于对知识的分析才更加准确，至少也应当说“问题”产生于观察与理论之间的矛盾（而这“矛盾”是分析出来的）。仅有观察绝不会产生问题，只有当观察与已有知识进行比较、分析的时候才会产生问题。基于此，我们就已经应当强调，没有理论知识的武装就捕捉不到“问题”。更何况，科学中问题的产生并不总是必然地要和某种观察相联系的；仅仅依据对已有理论命题的逻辑分析同样产生问题，甚至仅仅为了追求一个理论的逻辑简单性也能产生深刻的问题。往后，我们将会分析到，科学中“问题”的产生有多种多样的通道，这些问题把我们引向研究。以为“问题”只能产生于观察与理论之间的矛盾，也还是一种过于偏狭的观念，尽管它是一种比较流行的观念。因此，必须指出，“科学研究始于问题”这个命题，原则上不同于“科学研究始于观察”这个命题。① 前者是一种正确的、合乎科学史实际的深刻的认识论，而后者是一种偏狭的、肤浅的、庸俗经验论的认识论。

当然，从一定意义上说来，科学研究的程序似乎应当被视作某种循环过程。对于一个循环过程，似乎是不能绝对地谈论它从哪一个环节开始的。我们在本书里，强调“科学研究从问题开始”，正如前面所指出，乃是相对于科学工作者如何进入研究，这个研究过程从哪里开始而言的。对于一个现实的科学工作者来说，观察不可能是他进入研究的直接原因，只有当观察引起了问题才可能引起研究；而当他针对问题进行观察的时候，其研究工作往往已经是相当深入了。观察是渗透着理论的。因而即使对于同一对象的观察，人们也可能做出不同的领悟，从而产生问题或不产生问

① 我们这里所说的是科学研究从哪里开始？它所意指的是：我们现实的人，现实的科学工作者如何进入研究？从问题开始还是从观察开始？这个问题原则上不完全等同于某些哲学家如波普尔所提出的“科学从哪里开始”的问题。“科学从哪里开始”这个问题，涉及人的认识如何产生，进而又涉及动物的意识如何产生，再往前追究，一直要追究到原生生物的刺激感应能力如何产生的问题。这些问题，离科学方法论相去较远，我们在这里没有必要加以讨论。在作者看来，波普尔断言“科学从问题开始”这个命题虽然原则上是正确的，但为做出这个结论所需要的知识空白还亟须补充。

题。因为事实上，对于我们“观察”到的现象，仅当经过了某种（理论的）解释以后，它们才被看作是某种“事实”——观察事实或观察到的事实的。在关于X射线的发现过程中，克鲁克斯、古德斯比德和伦琴曾经都遇到了照相底板的某种异常，但克鲁克斯经过解释以后，认定他遇到的事实是厂商所提供的照相底板质量不好；古德斯比德经过解释以后，认定那张照相底板是由于受到阴极射线的照射而感光，并且由于阴极射线感光效果差而使底版影像模糊不清。在他们看来，这些“事实”不造成科学所面临的问题，所以也无须研究。而伦琴则是不满足于现成理论所可能做出的粗枝大叶的解释，被眼前的现象所困惑，把它视作一个问题，由此才驱使他做出了重大的新发现。当然，在科学研究程序的某种循环过程中，“问题”似乎也不可能是某种绝对意义下的初始环节。因为“问题”本身已经包含假说，并且科学问题总是通过对背景知识的分析才得以形成的[①]。因而，为了要能够形成问题，势必也有它的在先环节。但是，对于一个科学工作者来说，这种形成问题所需要的假说和背景知识（包括科学观察陈述和理论陈述），都是有可能通过学习前人或旁人所已经提供的知识而得到的。仅仅接受前人或旁人所创造的知识，不能认为已经进入研究，但从背景知识的分析中形成问题却可以看作是研究的开始。科学研究的过程，无非就是对问题的求解过程。波普尔曾经把科学知识增长的过程简要地表述为如下图式：$P_1 \to TT \to EE \to P_2$，其中P为问题，TT为试探性理论，EE为排除错误。而邦格在他所著的《科学研究》一书中，则把科学研究程序的方法论循环概括为如下过程：提出表达清晰的问题；设计可供检验的假说；导出假说的逻辑结论并加以批判的考察；根据结论制定检验假说的技术方案，检验技术方案本身的可靠性；进行实验并依据令人满意的相互协调的诸理论来解释实验结果；评价假说的真理性和实验技术装置的精确性；最后讨论所获得的解决方案，确定该方案的适用范围和它支持（或削弱）我们以往知识到什么程度，以及由此产生的新问题[②]。波普尔和邦格两人，都把知识增长的过程或科学研究的程序视作某种方法论循环，并且都把“问题”看作是这个循环的“初始环节”，这实在是不无道理的。因为作为从事科学研究的集体或个人，都是要从这个环节上才能真

① 参见本书第五章。

② 转引自以联合国教科文组织秘书处名义发表的文章：《自然科学的认识论》。

正地进入科学研究程序的这个循环中去；“问题”就像是这个循环圈的入口处一样，成为科学工作者进入研究的第一个环节。在完成了一个循环以后，又会遇到新的问题，然后又以新的问题为对象进入下一个新的循环。因此就这个意义上，即从研究新问题的意义上，则正如波普尔所曾强调："这个序列不是循环的，一般地说，后一个问题不同于前一个问题。"① 或者说它不是重复循环的。

二、“问题”推动研究，指导研究

科学史还启示我们，科学研究不但“始于”问题，而且正是“问题”推动研究，指导研究。我们且再度通过剖析某些典型的科学历史案例来阐明这个问题。

自从伽利略于 1593 年制造了第一只温度计以后，100 多年间，人们虽然早已普遍地使用了温度计，但却并不知道温度计所指示的究竟是温度还是热量。那时，科学家们还没有能够把温度和热量这两个概念区分开来。当时的人们把温度计叫作“量热计”，以为从温度计上所测得的量是“热的量”（直至今天，英语中仍把温度计叫作 thermometer，它的本来意思就是量热计。therm 一词的英语意思是“热”，并且至今还是英国热量单位的名称，即 10^5btu，换算为公制，则一个 btu 大约相当于 0.252 千卡，它是以“一磅水升高华氏一度所需要的热量”来定义的）。直到 18 世纪中叶，英国科学家布莱克从蒸馏酒厂的蒸馏过程中得到启发，他观察到在蒸馏的过程中，虽然不断地对液体加热，但液体中的温度计所指示的标度却始终不变。这个现象，许多人都熟视无睹，但布莱克却觉得奇怪并提出问题，这是怎么回事呢？如果温度计所指示的是热的量，为什么不断地对液体加热，但温度计的标度却始终不变呢？这个问题就指导他进行了许多实验研究。他把冰块放进容器里，然后再把容器放到炉子上烤。他发现在火的作用下，冰块消融，但插在其上的温度计的标度却不变；他还用实验来检验当时非常著名的里赫曼（俄国彼得堡科学院院士）的量热学公式。这公式是：

$$t = \frac{am + bm + co + dp + eq + \cdots}{a + b + c + d + e + \cdots}$$

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 255 页。

其中，a，b，c，d，…是物体的质量，m，n，o，p，q，…是这些物体的温度，t 是把这些物体混合待到热平衡以后的温度（当时里赫曼把它叫作“热”）。布莱克把 32℉（即 0℃）的一块冰和 172℉（即 77.8℃）的同样重量的水混合起来，按照里赫曼的公式应有

$$t=\frac{32m+172m}{m+m}=\frac{204}{2}=102\,^{\circ}\mathrm{F}$$

但布莱克实验的结果，测得的温度计的标度仍然为 32℉。于是他又提出问题：如果温度计所指示的是“热”，那么原来的冰有 32℉热，然后加上了 172℉热的水，结果仍然只有 32℉热，这是不可思议的。所有这些问题和现象终于使他悟出了一个道理：热量和温度是两回事；温度计所指示的是温度（他最初称之为“热的强度”），而不是热量。从布莱克的著作中，我们可以看到，他从最初的问题的困境中走出来是多么不容易。但毕竟正是“问题”推动了他的研究，指导了他的研究。在他所著的《化学原理讲义》中，我们还看到他对最初实验的如下描述：“由于应用了这种仪器（指温度计），我们发现，假如我们取一千种甚至更多的不同种类的物质，如金属、石子、盐、木头、羽毛、羊毛、水和各式各样的液体，把它们一起放在一个没有火和没有阳光照射进去的房间内，虽然它们原来的热都各不相同，在放进这个房间以后，热会从较热的物体传到较冷的物体中，经过几个小时或一天以后，我们用一个温度计把所有这些物体一一检查过来，温度计所标出的度数都是相等的。”① 从布莱克的这段描述中，我们看到他当初所使用的概念是多么混乱；在这段描述中他所使用的“热”这个词，有时是指称温度，有时却是指称热量。但经过他对问题和众多实验资料的苦心思索，终于使他觉悟到应当把温度和热量这两个概念区分开来。就在《化学原理讲义》这本书中，他指出：假如认为两个物体上的温度计的标度相等，就认为它们的热的量也相等，那是“把问题看得太马虎了。这是把不同物体中的热的量和热的一般强度或集度相混了。很明显，在研究热的分布时，我们应当经常加以区别”②。在区分开了温度和热量这两个概念以后，他又进一步提出问题：当冰块受热融解和

---

① 布莱克：《化学原理讲义》，其摘要见威·弗·马吉编《物理学原著选读》，商务印书馆 1986 年版，第 149～160 页。此处引文的译文参照了周肇威译爱因斯坦、英费尔德著《物理学的进化》，上海科学技术出版社 1962 年版，第 24 页。

② 同上。

水蒸腾为汽的时候，一边要吸收热，而同时温度计的标度却不变，这又是怎么回事呢？这个“问题”又指导他研究，终于使他提出了“潜热”的概念。后来又根据事实所提出的问题，引导他做出了比热的研究，并在他的学生伊尔文的帮助下，在温度、比热、热容量等概念的基础上，建立了真正意义下的量热学公式：

$$Q = M\ C(T_1 - T_2)$$

使得“热的量”真正成为可测量的有意义的物理量。他还引进“卡路里”这一术语来描述他所说的“热的量”，作为“热量”的单位，从而使他建立起了近代科学史上第一个热学理论，这个理论不但能解释广泛的经验事实，而且开始使热学走上了定量的道路。显然，布莱克初创热学的整个过程表明，始终是“问题”推动着他的研究，指导着他的研究。

三、问题的深入就是研究的深入

科学的历史向我们表明，“问题”固然使我们进入研究，并且推动研究和指导研究，而所谓“科学研究”，实质上就是对人类所未解的那些问题提出解答。然而，科学研究常常并不是因为回答了已经提出的问题而终止问题，而往往是引出更加深入的问题。“问题”的深入常常也就是意味着研究的深入。不但一般自然科学的发展是如此，数学和其他科学的发展也是如此。下面，我们以近代数学的基础理论研究的发展来说吧。

数学中广泛地使用“公理化”的方法，公理化方法要求公理系统具有不矛盾性（相容性），即从一个公理系统出发不可能得出相互矛盾的命题。此外，还要求公理系统中各个公理之间的独立性。最早的一个公理系统可以说是欧几里得几何公理系统。但欧几里得公理系统中有一个第五公设，即平行公理。其内容为：“一直线与其他二直线相交且与它们做成的同侧二内角之和小于2d，则后二直线在小于2d的那一侧相交。”① 这条公理比起欧氏公理系统中的其他公理来，不像其他公理那样直观地具有不证自明的性质，它倒更像是一条需要证明的定理。能不能从其他公理推出这条“公理”呢？于是2000多年来，数学家们都想从其他公理出发推导出

① 正如欧几里得自己所已经证明过的，由这个公设可以证明：“过任一直线外的一点，能够作，而且只能作一条直线与已知直线平行。”实际上，作为公理，这两个命题是等价的。在有些《几何原本》的版本中，把这一公设称作“第十一公理”。

这条公理来，也就是企图证明这条公理不具有独立性。但结果都失败了。正面证明不成功，于是就提出一个问题来：能不能从反面来证明呢？也就是在欧氏几何的公理系统中，我们假定平行公理不成立，会不会引发出矛盾命题来呢？在这个新问题的方向上进行研究，结果就萌芽和发展出了非欧几何来。因为这样做的结果虽然引出了许多“奇怪的”、“反常的”命题（定理）来，但却并没有发生矛盾。特别是罗巴切夫斯基对这个问题想得深入。他看出，推出许许多多命题而没有发生矛盾，并不等于新的几何系统不会发生矛盾。但如何证明新的几何系统是不矛盾的呢？这个深入一步的问题又引导他做出了突破性的贡献，他终于使新的几何系统在欧氏几何中获得了解释，证明了如果欧氏几何是不矛盾的，那么新的罗氏几何也是不矛盾的。但问题马上就又产生了：欧氏几何的不矛盾性（即相容性）又如何证明呢？这个问题以前不尖锐，但现在既然产生了非欧几何，而非欧几何必须获得相容性证明才能成立，那么人们自然要问：欧氏几何的相容性如何证明呢？这个问题的提出，显然意味着研究的深入，并且终于通过解析几何使欧氏几何在代数中获得了解释。因为借助于解析几何，一切几何命题都可以表示为代数命题，最后终于证明，只要实数代数（实数论）没有矛盾，那么欧氏几何也就不可能有矛盾。这样，问题就进一步转化为如何证明实数代数是不矛盾的。这个问题终于通过戴德金和康托尔的工作而证明，实数论上的命题都可以表示成自然数集合的命题，而戴德金和弗雷格又证明，自然数论的相容性又可以还原到集合论的相容性上去。这样，整个数学的相容性就被归结为集合论的相容性了。但问题又来了，如何证明集合论的相容性呢？这个问题就深入到当时数学的真正基础上去了。因为如果能够证明集合论是相容的，那么直到当时为止的整座数学大厦就会显得非常牢固可靠而又非常和谐优美了。然而，正是在这个问题所指示的方向上，罗素于1902年证明集合论（康托尔的经典集合论）是自相矛盾的，它是没有相容性的。这就是“罗素悖论”的发现。正是罗素所发现的这个新问题，大大推动了当代数学基础，特别是数理逻辑的发展。为了解决这个问题，公理集合论、证明论等数理逻辑的重要新分支产生和发展起来了。

科学史一再向我们明显地启示，科学研究的进展，虽然回答了一些“自然之谜”，但并没有减少“自然之谜”。“自然之谜”虽然是我们对自然界无知（不知）的一种表现，但同时又是我们研究深入的一种标志，

而且提出深刻的问题正是以对知识作深入分析为条件的。从这个意义上说，我们头脑中所发生的“自然之谜”愈多，并不是我们“无知”的一种表现，而是我们知之较深、知之较多的一种表现。“问题”固然表示我们对自然界的无知、不知，但同时它也是一种知识，是关于不知的知识，而且正是它凝聚着许多已知的知识，是一种从无知向未知进军的知识。这是一种十分重要的知识。“问题”是科学研究的真正灵魂，贯穿于科学研究的始终。科学研究从问题开始，问题推动研究，指导研究；研究固然是为了解决问题，但同时也是发掘出更加深入的问题。问题的深入和研究的深入只不过是同一过程的两个方面罢了。因此，从这个意义上可以说，自然科学发展的历史，就是它所研究的问题发展的历史，是问题不断展开和深入的历史。在国际具有崇高威望的奥地利著名科学哲学家卡尔·波普尔认为，科学的历史就是问题的历史。苏联著名哲学家凯德洛夫院士也说，一门真正的科学，它所“研究的东西越多，就越是暴露出更多的尚未研究的东西”。这些意见都是十分正确的。

关于我们前面所说的“‘问题’固然表示我们对自然界的无知、不知，但它同时也是一种知识，是关于不知的知识，而且正是它凝聚着许多已知的知识，是一种从已知向未知进军的知识”这个论题，我们也许可以用一个简单的图形对它作生动形象的描述（图 1－1）：

在一个平面上画一个圆，圆内的有限面积表示“已知”，圆外的无限区域表示“未知”。圆周是“已知”和“未知”的边界，人们正是从这里知去开拓未知的领域，窥视未知的世界。因而正是在这里形成了无数的“问题”。“问题”就像是窥视未知世界的窗口，进击未知世界的前哨，是开拓新知识的前沿。我们已知的东西愈多，则我们遇到的未知的东西也将愈多，我们窥视未知世界的窗口、我们进击未知世界的前哨也将愈多。就如同在这个图形中，随着圆面积的增大，它的圆周的周长也将随之增长，并且随着圆面积的增大，将不断地形成新的“已知”与“未知”的边界，开拓出不断更替的窥视未知

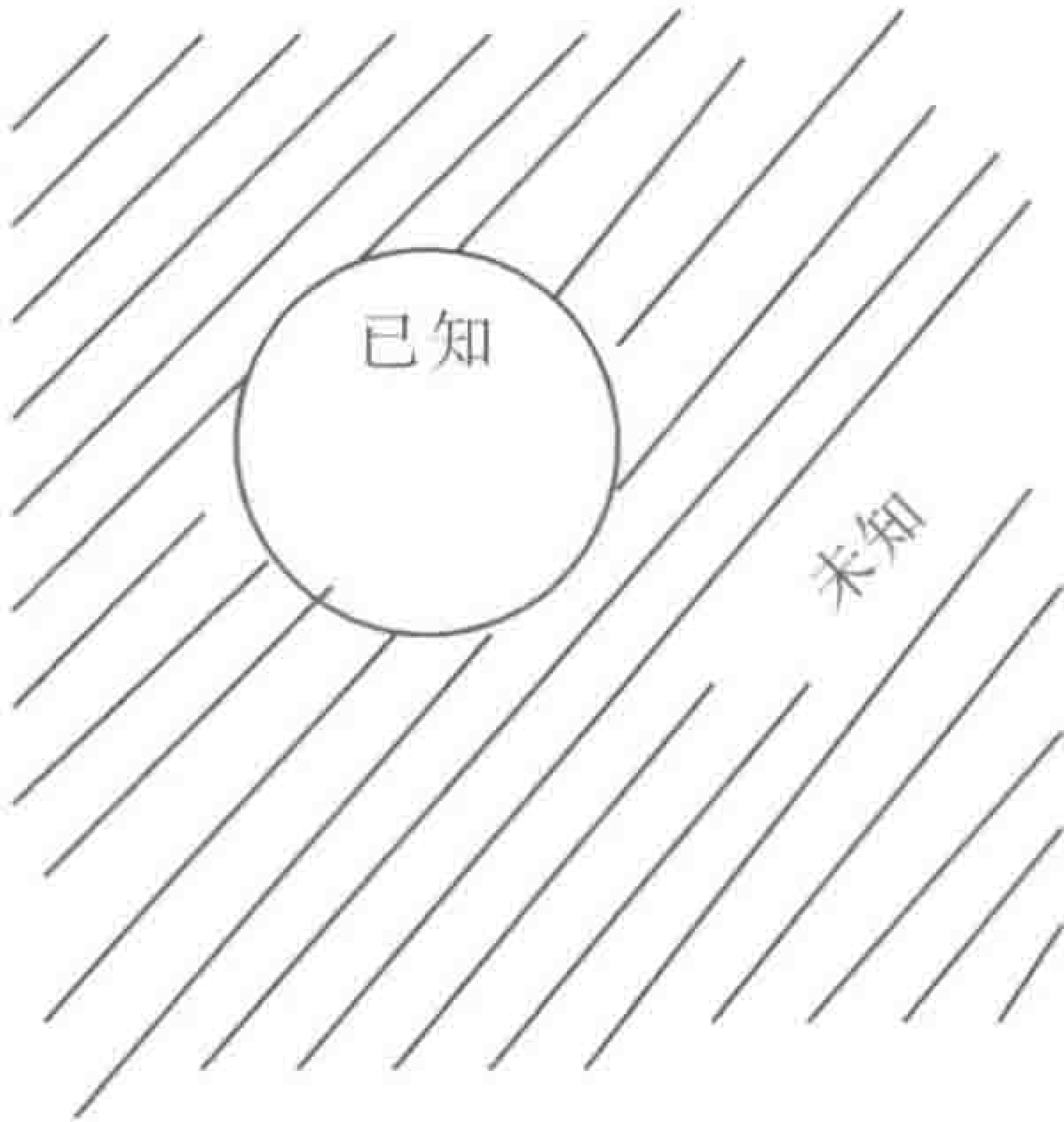


图 1－1 关于“问题”的描述

世界的新的窗口和前哨。在这里，旧的问题解决了，新的问题又会产生出来。“问题”是随着探索而进展的，因而也是随着知识的进展而进展的。但探索中的“问题”却永远不会完结。当然，这个图只是为了有助于理解而所做的一种简化了的描述，而且，对这个图中所圈定的“知识”，不可以作绝对化的理解，尤其不能作不可移易的“真知”（真理）意义的理解。人类所掌握的知识，归根结底只是人所创造的有助于理解自然界（广义的自然界）的图画，它们本身是可错的，是可以不断被更新的。原则上，“知识”不是某种“既成的”或“完成了的”东西，而是某种不断更新着的过程。而“问题”则不但在知识的“扩张”过程中起作用，同样也在知识的“更新”过程中起作用，而且后一种作用也许更为明显和重要。

基于对科学史的思考和观察，数十年来我一直强调科学研究必须是“以问题为导向”的。在 30 年前出版的我的《科学研究方法概论》中，我就强调科学研究始于问题，问题推动研究、指导研究，问题贯穿于科学研究的始终。从 1995 年开始，我就开始写作《科学哲学——以问题为导向的科学方法论导论》。此书长达 72.5 万字，终于于 2009 年出版，它突出强调“以问题为导向”的方法学理论。理在我们看到，在改革开放的探索活动中，也开始突出地强调“以问题为导向”，这实在是一个可喜的进步。它比之以往的“实践导向”（摸着石头过河）或“理论导向”（以马克思主义为指引）等提法，实在是更“接地气”得多了。但愿这种改变不只是一个方法策略的转变，而是一个真正深层次上的哲学观念瓣转变。

第三节　哲学家们的思考

既然“问题”在认识过程中的作用和地位是如此的重要，因此它就不可能不引起哲学家们的关注与思考。确实，历来的哲学家们，特别是近世以来的哲学家们，对“问题”在认识过程，特别是在科学研究过程中的作用和机制，以及相关的其他问题，做出过许多深刻的、发人深省的思考。他们思考的成果，成了今天我们探索或构建“问题学”理论的重要基础。

一、杜威

20 世纪以来，对“问题”在认识过程中的作用和机制首先做出较深

入和系统的思考的，应当首推美国著名的实用主义学派的哲学家杜威。1910年，杜威在他的《我们怎样思维》一书（J. Dewey. *HOW WE THINK*，汉译又名《思维术》）中，将生活看作是解决问题的过程，他认为生活本身就表现为从问题到问题的一系列问题求解的过程。那么，问题求解的过程或步骤是怎样的呢？在该书的第六章中，杜威提出了他的著名的五步法。他的“五步法”的认识论实际上是以他的所谓的“情境逻辑”为基础的。他认为，人的认识活动是从他们面临不令人满意的境况（困难、问题、疑惑）开始的，探索的目的是要获得某种摆脱困境（解决问题）的一个“解答式”，以使人能从不符合人意的境况向着符合人意的境况转变。所以他强调任何对人的认识活动的研究，都不能脱离对认识发生于其中的背景情况或“境况”的考察。杜威十分强调研究要从考察问题境况入手。

简要地说来，他关于认识过程的“五步法”大致可概括如下：

（1）疑难的情境。他认为认识受激而产生于“疑难的情境”，或者不令人满意的困境。如果一切顺利，认识就会处于休眠状态；如果他一旦发现或感受到经验过程的不一致、不和谐，或者他一旦发现或感受到自己所处的境况不令人满意（也就是所面临的当前状态与所欲求的目标状态不一致，有差距），那么，这些“对差异或困难的感受”就会迫使人们去追求认识；“困难一旦产生”，认识活动就被激活了。但是，人们遭遇困难的情境，最初可能只是陷入困境的不安的感觉，但却抓不到问题之所在。所以有接着的第二步。

（2）界定问题或界说困境。人面临困难的情境，但是这种情境常常是模糊和纷乱的。所以认识的第二步就是要界定问题或界说困难，即努力理清问题之所在，对所面临的问题做出清晰的表达。杜威的学生、中国的著名学者胡适曾经形象地把这一步比作中医师的“号脉”。在杜威看来，这一步是十分重要的，因为“问题规定了思维的目的并控制思维过程的方向”。但认识的目的并不只是提出问题，更在于解决问题，使我们摆脱“疑难的境况”。所以认识过程便有接着而来的以下各步骤。

（3）提出假说，即提出种种可供选择的解决问题的方案或思路。对科学研究而言，就是提出种种可供选择的科学假说或理论。然而，杜威虽然强调合理的认识活动，不能脱离对认识发生于其中的背景情况或“境况”的考察，在考察中要积累资料，但杜威同时又强调，从资料到假说

或理论或解决问题的方案，其间并没有逻辑的通道。所以杜威强调，假说（解决问题的方案）的提出，往往包含思维的跳跃，它们不可能仅仅通过资料逻辑地推导出来；所以这些假说（解决问题的方案）对于解决问题而言都只不过是某种试探性的、尝试性的、可能的“解答式”而已。基于此，杜威强调，在提出假说这一步骤上，要放开思路，要依赖于“既大胆又谨慎的心灵”，设想出尽可能多样的方案或“解答式”，以供选择。胡适曾把这一步骤简要地概括为“大胆假设”。但是，我们所需要的乃是能以最佳的方式、最有效地解决问题的方案，所以杜威指出，人的认识活动还应当对各种可供选择的方案进行“精心的栽培”。所以认识活动还需要第四步和第五步。

（4）认识活动的第四步是对已经提出来的用以解决问题的方案所蕴含的结果进行“合理的加工”或推演。一个方案提出来以后，这个方案本身所可能导致的结果或结论，常常并不是人们一眼可看出来的。它可能包含一些人们最初不易察觉的意想不到的结果，以至于一个最初看起来令人满意的方案，可能产生出非常不能令人满意的，甚至“事与愿违”的结果。所以杜威十分强调，当提出各种可供选择的方案以后，必须对每一种假说进行精心的加工和推演，尽量揭示出它们所蕴涵的意义和结论。正是在这一步骤上，杜威十分强调逻辑在认识中的作用，要求严格地、充分地演绎出假说或方案中所蕴涵的东西。但这些从假设推演出来的结论或推论，仍然是假说性的，往往具有虚拟条件句的形式，即它预言：如果出现（或满足）某某条件，那么就将有某某结果（或事件或性质）发生。但是这些预言是否能够应验，在检验以前仍然是不得而知的。所以有第五步。

（5）求证或证实。这一步骤就是对假说（或方案）所预期的结果进行检验。用杜威自己的话说，“人们根据检验某一观念或假说的需要，精心安排种种条件，以了解该观念在理论上所指明的结果是否实际发生”；“如果我们看到并发现该理论预期的结果都出现，而与之竞争的别的理论的预期结果不出现，那么信仰并接受这种理论的倾向就几乎变得不可避免了”。[①]所以，这个步骤与上一个步骤相结合，杜威实际上提出了如何检验和评价假说或方案，以便从中选择或接受一种最可置信的假说，或者对于解决问题来说是最佳的方案。胡适曾把杜威这五步法中的第四步、第五步

---

① 参见杜威《我们怎样思维》英文版，第78页。

两步合起来概括为“小心求证”。

在杜威看来，这个五步法是任何合理思维的普遍模式。不但在科学研究中，而且在工程技术中，以及在一切日常生活中，合理的思维都是以这种五步法所说明的程序来进行的。而在这五步法中，正是“问题”起着无与伦比的巨大作用；“问题”不但是认识过程得以启动的动力和源泉，而且整个认识过程就表现为从问题到问题的一系列问题求解的过程；在人的思维活动中，正是“问题”规定了思维的目的并控制思维过程的方向。就科学研究而言，这也就是我们在前一节“历史的启示”中所阐明的“科学研究从问题开始，并且问题推动研究，指导研究”的意思。

二、波普尔

在20世纪，对“问题”理论之研究最有影响的哲学家，恐怕要数波普尔了。波普尔关于问题理论的研究完全是与他在进化论生物学基础上探索进化认识论和“三个世界”的理论完全紧密联系在一起的，而他所创造的“三个世界”的理论又可以说是他的进化认识论的一个重要组成部分。1965年，他在《关于云和钟》[①] 一文中，曾经扼要阐明了他的进化认识论理论的纲要。为了往后讨论的方便，我们不厌其烦地把这个纲要引述如下：

“我的理论是试图把我们在分析动物语言到人类语言的进化时所学到的东西应用到整个进化上去。它包括某种作为可塑性控制的增长着的等级系统的进化观点，以及作为体现——或就人类进化而言包括体外演进——这种增长着的等级系统的某种有机体观点。它采取了新达尔文主义的进化论；但它是重述了的，因为它指出它的‘变异’可以被解释为多少是偶然的试错策略，而且‘自然选择’可以被解释为通过排错来控制变异的一种方式。

“现在我将以12个简短论题来表述这个理论。

“(1) 所有的有机体昼夜不断地从事于解决问题。所有那些有机体的进化序列（表示生物分类的门）也是这样，它从最原始的形式开始，现在活着的有机体是其最新的一代。

---

① 这是卡尔·波普尔于1965年4月21日在华盛顿大学所做的亚瑟·霍利·康普顿第二次纪念讲演，载入波普尔的论文集《客观知识》。

“(2) 这些问题是客观意义上的问题：可以说这些问题可根据事后的认识加以重建（对此后面我们要多说几句）。在这个意义上，客观问题不需要与其对立的有意识的问题，而凡是有其有意识的对立物的地方，有意识的问题不必和客观问题相符合。

“(3) 解决问题总是通过试错法来进行；新的反应、新的形式、新的器官、新的行为方式、新的假设，都是试探性地提出来，并且受排错法控制。

“(4) 排错或者可以通过完全排除不成功的形式（通过自然选择除去不成功的形式），或通过控制的（试探性）进化即变更或抑制不成功的器官、形式、行为或假说等来进行。

“(5) 可以说，单个有机体嵌进母体，在这个门的进化期间，控制得到发展——正如有机体在其个体发育中部分地重演它的系统进化。

“(6) 单个有机体是它所属的有机体进化序列（它的门）的最前端：它本身就是一个试探性的解决办法，探索新环境的小生境，选择环境并改变环境。因此，它和门是有关的，几乎完全像个别有机体的动作（行为）和这个有机体有关一样。个别有机体和它的行为两者都是尝试，而尝试可以通过排错排除掉。

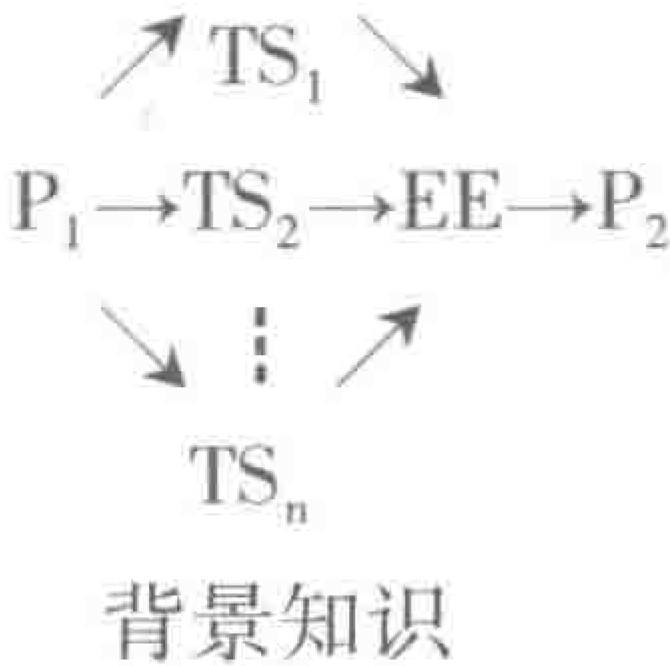
“(7) 用‘P’表示问题，用‘TS’表示试探性解决办法，用‘EE’表示排错，我们可以把事物的基本进化序列描述如下：

$$P \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P$$

但这个序列不是循环的，一般地说，后一个问题不同于前一个问题。它是已产生的新境况的结果，这部分地由于已试验过的试探性解决办法，以及控制这些解决办法的排错。为了说明这一点，以上图式要重写为：

$$P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

“(8) 但甚至在这个形式中，仍然丢了一个重要的因素：试探性解决办法的多样性。因此，我们最后的图式变成了这样：



“(9) 就这个形式来说，我们的图式可以和新达尔文主义的图式相

比。按照新达尔文主义，主要有一个问题：生存问题。如在我们的系统中一样，它有多种多样的试探性解决办法——变种或变异。但是只有一种排错办法——消除有机体。而且（部分是由于这个原因）P_1 和 P_2 有本质上不同这一事实被忽略了，或者其重要性没有被清楚地认识到。

“(10) 在我们的系统中，不是所有的问题都是生存问题：有许多非常特殊的问题和次级问题（虽然最早的问题可能完全是生存问题）。例如，一个早期的问题 P_1 可能重现。它的解决可能导致一个新问题 P_2：断绝还是延续后代的问题，这里子代不仅妨碍亲代的发展而且使子代彼此之间的发展受到威胁。

“也许指出以下这一点是有益的，即避免亲代的发展受子代阻碍的问题可能是由多细胞有机体的进化解决了的那些问题中的一个问题：人不是断绝后代，而是建立起共同的经济，用各种新方法生活在一起。

“(11) 这里提出的理论把 P_1 和 P_2 加以区别，而且这种理论表明，有机体试图对付的问题（或问题境况）时常是新的，并且是作为进化产物而出现的。从而这个理论对通常有点含糊的名称即所谓‘创造进化’或‘突变进化’含蓄地作了理论的叙述。

“(12) 我们的图式考虑到排错控制（像眼睛一样的警报器官；反馈机制）的发展；就是说能排除错误而不消灭有机体的控制；而且最后使我们的假设代替我们的灭亡成为可能。”①

波普尔认为，他在上述纲要中提出的乃是一个广泛的“进化理论”②，从阿米巴原虫到爱因斯坦都服从这个进化模式。既然是一个广泛的进化理论，而他承认“进化显然不是一个有意识的过程”③。因而，他强调：首先，他对这个模式中所讲到的“问题”和“解决问题”都是“在客观的或非心理学意义上”④ 来谈论的，或是从事后认识的意义上来谈论的。从事后认识的意义上，我们可以说“阿米巴原虫解决了一些问题”⑤ 或“某些器官的进化解决了某些问题”⑥。但阿米巴原虫和生物器官当然是没有

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 254 ～ 256 页。
② 同上书，第 267 页。
③ 同上书，第 258 页。
④ 同上。
⑤ 同上。
⑥ 同上。

或不是有意识地去解决问题的。其次，在生物进化论中所谈论的“变异”一词，为了使它能适应更广泛意义上的进化，包括人类所特具的“体外进化”——人类的文化进化和科学进化，他将它代之以“试探性的解决问题”，即“TS”。最后，生物进化论承认，变异都带有偶然性，并非任何变异都能适应变化了的环境；那些不适应的物种及其变异将在自然选择的过程中被淘汰。而波普尔为了使这一机制能更适应于包括人类文化进化和科学进化在内的更广泛的一般进化，他把自然选择这个环节，代之以“排除错误”，即“EE”。这样一来，波普尔以 $P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$ 所标示的进化模式就具有了更广泛的意义了，并且在其中突出了进化认识论的内容。按照波普尔所标示的模式看来，阿米巴原虫和爱因斯坦都是以同一方式来处理他们的问题的。可以说“从阿米巴原虫到爱因斯坦只有一步”之遥①。

但阿米巴原虫和爱因斯坦处理他们所面临的“问题”的方式毕竟是不同的。那么，他们之间究竟有什么差别呢，综观波普尔的论述，这种差别主要表现在以下三个方面：

（1）阿米巴原虫和其他较低级的生物并未真正意识到它们所面临的问题（或问题情境），而有理性的人类却常常能意识到（虽然常常并不一定清楚地意识到）他们所面临或面对的问题，并试图（有意识地）去解决它。而且他还特别强调：“正是在科学上，我们才最为意识到我们试图解决的问题。”②

（2）阿米巴原虫和其他较低级的生物，它们所做出的“试探性解决办法”，即“TS”，或者是出于本能性的行为，或者是某种随机性的变异，而在人类，尤其是在科学研究中，所谓“尝试性的解决办法”，即“TS”，就要丰富得多了，除了一般生物学意义上的反应以外，在更主要的意义上是指为了解决问题而提出的种种“试探性的解决方案”，而在科学研究中则是指为解决科学问题而提出的种种“试探性的假说”或“理论”。这都是高度有意识的过程。

（3）最重要的是，阿米巴原虫和其他较低级的生物对自己所采取的“试探性的解决办法”，即“TS”，不会采取有意识的批判态度，所以一旦

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 259 页。
② 同上。

它们的尝试失败，它们的机体就连同他们的尝试一起死亡。而有理性的人类则不同，他们往往能对自己提出的种种尝试性的解决问题的办法采取有意识的批判的态度。所以能导致这样的结果：当我们尝试遭到失败时，我们往往是让种种错误的假说代替我们的机体去死亡。所以波普尔特别强调，在阿米巴原虫和爱因斯坦之间，“他们对待谬误的态度有很大的不同。爱因斯坦不像阿米巴原虫，每当脑子里出现一个新的解决办法时，他总是有意识地尽力找出其中的毛病，发现其中的谬误；他批判地探讨他自己的解决办法。我认为，对自己的想法采取有意识的批判态度，的确是爱因斯坦的方法和阿米巴原虫的方法之间的重要区别。”①正是在这一点上，爱因斯坦是“不同于原始人和阿米巴原虫的”②。唯其有了这种理性的批判态度，“因此，我们可以说，批判的或理性的方法在于排除我们的假设以代替我们去死亡：正是体外进化的一个情况”③。

波普尔所提出的前述公式 $P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$ 是一个包含人类的体外进化，特别是“第三世界”进化（人类文化进化和科学进化等等）在内的广义的进化论模式，他甚至把它视作“事物的基本进化序列”。此后，他的理论工作常常更多地关注于与他的“三个世界”理论紧密相联系的“知识增长”的问题。而当他重点在于讨论他的“知识增长的模式”时，他往往是把他的上述公式作了一个小小的修改，即修改为：

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

在他发表《关于云和钟》这篇讲演以后的第二年，即 1966 年，当他于当年 5 月在美国丹佛大学举行的一次国际会议上致开幕词，题为《实在论者的逻辑观、物理观和历史观》时，他就已明确地作了这样的修改。他在这次报告中说：“关于理论成长的方式……我现在要提出一个总的图式，我发觉它作为理论成长的描述愈来愈有用。它是这样的：

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

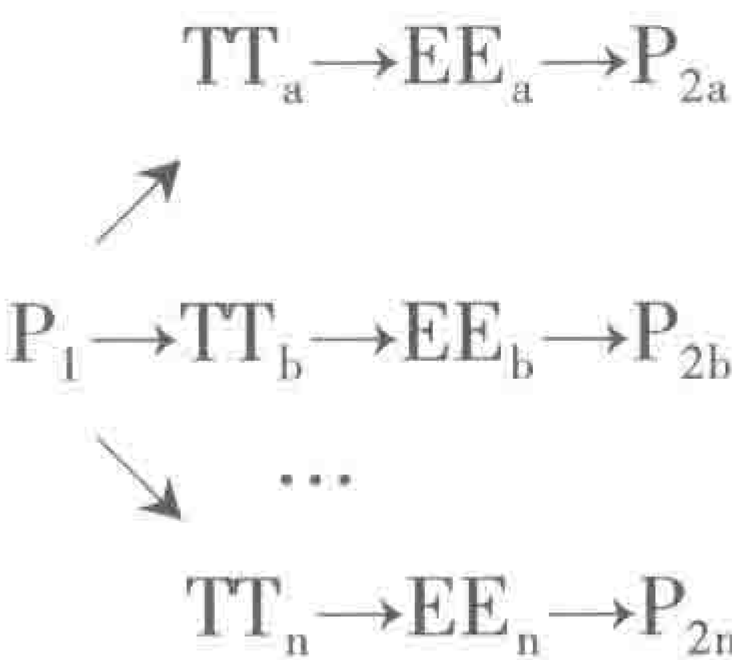
其中‘P’代表‘问题’（problem），‘TT’代表‘试探性理论’（tentative theory），而‘EE’则代表‘（尝试）排除错误’（error elimination），尤其是利用批判性讨论排除错误。我的四段图式试图指出，

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 259 页。

② 同上书，第 260 页。

③ 同上书。

把批判或排除错误应用于试探性理论的结果，通常是新问题的突现。……问题在得到解决并且答案受过适当的考察之后，有助于产生下一代的问题即新问题，它们较之旧问题具有更大的深度、更丰富。”① 波普尔还进一步指出，考虑到试探性理论的多样性，“我的四段图式可以用不同方法来表达，例如，把它写成如下：



这个四段图式表明：如果可能的话，应该提出许多理论，作为解决一些给定问题的尝试，并且要批判地考察每一个试探性解决方案”②。波普尔还认为，在这个模式里，我们还“可以通过 P_1 和 P_2 之间的深度差”来“适当地估计任何一门科学中的进步”，“最好的试探性理论（所有理论都是试探性的）就是能引发最深刻和最出人意料的问题的那些理论”③。“而我们可以把那些有希望引发出最异常和最有意义的新问题的理论探究到底”④。反过来，如果有某个新问题，比如 P_{2b}，原来仅是老问题 P_1 的化身，那么，我们就说，这个理论 TT_b 就只是设法稍微转换了一下问题，在某些情况下，“我们就可以据此判决性地否弃试探性理论 TT_b”⑤。波普尔在这里试图以“问题的深度差”来作为评价和选择理论的标准。但很遗憾，他没有向我们说明如何来计算和评价“问题的深度差”。但即使如此，波普尔的这段话仍然是有启发性的。它至少向我们提出了两个问题：如何来评价问题的深度差？用问题的深度差来评价和选择理论合适吗？

在“知识增长”的模式问题上，波普尔虽然表述过上述比较复杂的形式，但他最经常地使用的却是他的简化模式，即

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 298 页。

② 同上书，第 298 页。

③ 同上书，第 299 页。

④ 同上书，第 298 ～ 299 页。

⑤ 同上书，第 299 页。

尽管他曾多次表示“这图式是一种过分简化的东西，而且只要需要，它就应该加以详细的阐述，甚至大大加以改变”[①]。这个公式确实是一个“有点过于简化的图式”[②]。但在波普尔看来，使用这个简化模式是十分方便的，并且是普遍有效的。他强调“这个图式分析用途很广”[③]，它不但适用于分析科学知识的增长，“而利用猜测和反驳的图式（$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$）所做的分析可以适用于历史”[④]。“特别是历史的解释这个问题”[⑤]。不但如此，它甚至还可以适用于艺术。总而言之，不管是对于自然科学，还是对于人文科学，这个模式可以说是“解决问题的方法即猜测与反驳的方法，是这两种科学都采用的”[⑥]。

笔者认为，波普尔关于“问题”的理论主要有如下四个特点：

第一，波普尔对“问题”理论的研究是与他的“三个世界”的理论和进化认识论紧密联系在一起的。在波普尔看来，“存在着三个世界。第一世界是物理世界或物理状态的世界；第二世界是精神世界或精神状态的世界；第三世界是概念东西的世界，即客观意义上的观念的世界——它是可能的思想客体的世界：自在的理论及其逻辑关系、自在的论据、自在的问题境况等的世界”[⑦]。他认为，“第三世界”（又称“客观知识的世界”）虽然是人类创造的，但它一旦被创造出来，它就是客观地“独立存在”[⑧]和“自主发展”的。他强调，“自主性观念是我的第三世界理论的核心：尽管第三世界是人类的产物，人类的创造物，但是它也像其他动物的产物一样，反过来又创造它自己的自主性领域”[⑨]。而他关于第三世界的理论特别是其中关于知识增长的模式，即 $P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$，则是他的进化认识论的重要内容。他强调：“研究基本上自主的客观知识的第三世界对认识论具有决定性的重要意义。”[⑩] 卡尔·波普尔正是在这个认识论框架下

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 187 页。
② 同上书，第 127 页。
③ 同上书，第 175 页。
④ 同上书，第 178 页。
⑤ 同上书，第 180 页。
⑥ 同上书，第 196 页。
⑦ 同上书，第 164 ～ 165 页。
⑧ 同上书，第 116 页。
⑨ 同上书，第 126 页。
⑩ 同上书，第 119 页。

来强调“问题”在认识过程中的作用的。

第二，在“三个世界”或进化认识论的框架下，波普尔主要是从科学动力学的角度上研究了“问题”在知识增长中的作用。他强调“科学始于问题”[①] 或“我认为科学从问题开始（而不是从观察或理论开始，虽然问题的‘背景’无疑会包括理论和神话）”[②]。他还强调：“科学和知识永远始于问题，终于问题——愈来愈深化的问题，愈来愈能启发新问题的问题。”[③] 并且，“一种理论对于科学知识增长所能做出的最持久的贡献，就是它所提出的新问题”[④]。也就是在这个基础上，波普尔强调科学的历史就是问题的历史，或“科学问题境况的历史”[⑤]，“科学史不应该看成理论的历史，而应该看成问题境况及其变化（有时是感觉不出来的变化，有时是革命性的变化）的历史。这些变化是通过解决问题的各种尝试引起的。因此从历史上说，不成功的尝试对于取得进一步的成就可能像成功的尝试一样重要”[⑥]。在波普尔看来，不但在科学知识的增长中，“问题”起到了如此巨大的作用，即使在哲学发展中也是如此。他说：“一个哲学家所能做的事情之一，也是可列入他的最高成就的事情之一，就是看出前人未曾看出的一个谜、一个问题，或一个悖论。这甚至是比解决这个谜更高的成就。”[⑦]

第三，在波普尔的从问题到问题的知识增长模式中，他突出地强调了理性批判的作用和地位。在他看来，$P_1 \to TT \to EE \to P_2$ 的图式原则上只是对 $P_1 \to TS \to EE \to P_2$ 图式在表述上的小小变化，因而也是适用于动物界和原始人类的，然而一旦用它来讨论人类知识的增长，系统的理性批判的机制就在其中起着巨大的作用了。用他的话来说，也就是：“原来对动物世界以及原始人有效的图式 $P_1 \to TT \to EE \to P_2$ 成为借助于系统的理性批判、通过消除错误使知识发展的图式，它成为借助于理性讨论来探究真理和内

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 154 页。
② 同上书，第 191 页。
③ 波普尔：《猜想与反驳》，上海译文出版社 1986 年版，第 318 页。
④ 同上。
⑤ 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 195 页。
⑥ 同上书，第 187 页。
⑦ 波普尔：《猜想与反驳》，上海译文出版社 1986 年版，第 263 页。

容的图式"[①]了。他认为，在人类知识增长的过程中，"我们的出发点是常识，我们获得进步的主要手段是批判"[②]。他强调，"科学本质上是批判的"[③]，"科学的方法就是批判的方法"。"阿米巴和爱因斯坦的区别在于，尽管他（它）们都是使用尝试和排除错误的方法，但阿米巴不喜欢出错，而爱因斯坦却对错误很感兴趣：他怀着在发现错误和排除错误的过程中学习、提高的愿望，有意识地寻找自己的错误。科学的方法就是批判的方法。"[④]他认为，在科学中，"我们解决问题是通过试探性地提出各种竞争性理论和假说（可以说就像试探气球）；而且为了排错，使这些理论和假说受到批判性讨论和经验性检验"[⑤]。他强调："只是科学才在激烈的生存竞争中用非暴力的理性批判取代了对错误（主体）的消除。"[⑥]在他看来，在科学中"批判性讨论"其含义是更为深刻的，科学理论接受经验性检验则是从属于批判性讨论的。正如他明确地指出："科学理论的检验是它们的批判性讨论的一部分。"[⑦]波普尔的这个观念实在是很深刻的。强调理性的批判是他的知识论的一大特色，也是他的一大贡献。因为迄今为止，还没有哪一种科学哲学理论是如此地强调理性批判的作用的。对比之下，库恩和拉卡托斯都把他们所认为的科学中最重要的东西，如库恩的"范式"，拉卡托斯的研究纲领的"硬核"，视为不接受理性批判的。劳丹虽然要在历史主义的传统中注入理性批判的因素，但是也认为一定时期中的科学研究传统中的核心假定是不受批判的。他尤其不把通过批判性的讨论而"发现问题"看作是科学进步中的积极因素，只把"解决问题"看作是科学进步的标志。

第四，狭隘地片面强调"证伪"的作用，认为理论遭遇"证伪"才引出新问题，才导致知识的进步。这在他的后期著作中尤为明显，而在较早期却未必如此。例如，他在1967年8月所撰写的《没有认识主体的认识论》一文中说：理论"如果其推测性质由于自己被反驳而显示出来，

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社1987年版，第130页。
② 同上书，第36页。
③ 同上书，第85页。
④ 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社1987年版，第75页。
⑤ 同上书，第251页。
⑥ 同上书，第90页。
⑦ 同上书，第87页。

就会提出新的、预想不到的和富有成果的问题的理论"①。"在大多数情况下，并且也是在大多数最使人感兴趣的情况下，理论终究会被推翻并因而提出新的问题。"② 在另一个地方又说："因此，生命像科学的发现一样从旧的问题发展到发现新的、梦想不到的问题。而这个过程，发明和选择的过程，本身包含一种合理的突现理论。导致新层次突现的步骤首先是新问题（P_2），它是通过消除对旧问题（P_1）的尝试性理论解决（TT）的试错（EE）才产生的。"③ 此后，波普尔曾一再强调过这类思想。倒是在他最初提出进化认识论模式"$P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$"不久以后所撰写的《实在论者的逻辑观、物理观和历史观》一文中，曾顺便说道："问题在得到解决并且答案受过适当的考察之后，有助于产生下一代的问题即新问题，它们较之旧问题具有更大深度、更丰富。"④ 我们认为，片面强调只有理论遭受证伪才会引出新问题并从而导致知识增长的观点是错误的。对此，我们将在后文中捎带地进行讨论。但无论如何，波普尔关于"问题"的理论研究给我们留下了一笔巨大的思想遗产。

三、劳丹

在20世纪，对"问题"理论做出重大贡献并在国际形成较大影响的另一位哲学家，当数美国的著名科学哲学家劳丹了。与杜威和波普尔一样，劳丹也是在讨论科学进步（或知识增长）模式的框架下来提出和讨论他的关于"问题"的理论的。

劳丹在其于1977年出版的名著《进步及其问题——一种新的科学增长理论》（*PROGRESS AND ITS PROBLEMS*：*Toward a Theory of Scientific Grewth*）一书中提出了他的著名的"科学进步的解决问题的模型"，受到了全世界科学哲学界的关注。数年后，他又撰写了一篇专文《解决问题的科学进步观》⑤，以浓缩和稍有改进的形态来集中地阐述了他的"科学进步的解决问题的模型"。劳丹的"科学进步的解决问题的模型"，特别是其中的关于"问题"的理论之要点可以归结如下。

---

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社1987年版，第154页。
② 同上。
③ 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社1987年版，第156页。
④ 同上书，第298页。
⑤ 载哈金所编《科学革命》一书，中译文载《自然科学哲学问题》，1984年第1期。

（一）强调科学的目的是“解决问题”

劳丹批判了科学的目的是追求真理这种“认识论的乌托邦”，他也考虑了其他学派的哲学家们关于科学目标的其他种种见解，如科学的目标是“拯救现象”或“实际用途”等等。但他最后却归结出他认为合理的观点是：“科学本质上是一种解题活动”[①]，“科学的目的是获得具有高度解决问题效力的理论”[②]。在劳丹看来，这一点特别重要。他强调：“如果将科学看作是一种解决问题和以问题为定向的活动，许多古典哲学的问题和许多标准科学史的问题便会呈现出一番完全不同的景象。”[③] 他的整个“科学进步的解决问题的模型”就是以此为出发点的。

（二）关于“问题”的分类

为了进一步讨论他的“科学进步的解决问题的模型”，他对科学中的“问题”进行了分类。他把科学中的问题区分为两大类：经验问题和概念问题。进一步，他又把经验问题区分为三类：未解决的问题、已解决的问题和反常问题，并对这三类问题的含义作了界定：“①未解决的问题——任何理论都未能予以充分解决的经验问题；②已解决的问题——由一个理论所充分解决的经验问题；③反常问题——某一个理论虽然未能解决，但却已为此理论的一个或多个相竞争理论解决的经验问题”[④]。对于“未解决的问题”，他有时又称为“潜在的问题”，认为“未解决的问题一般只在获得了解决之后才成为真正的问题，在为某个领域的理论解决之前，它们一般只是‘潜在的’问题，而不是真正的问题”[⑤]。对于“已解决的问题”，他强调：“某一问题是否为某个理论解决，与该理论的真假或几率问题无关”[⑥]，“一般地说，任何理论 T，只要 T 在其结论是关于某个经验问题的陈述的推理过程中起到（重大）作用，就可以被看作是解决了这

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 11 页。
② 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984 年第 1 期。
③ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 12 页。
④ 同上书，第 17 页。
⑤ 同上书，第 18 页。
⑥ 同上书，第 24 页。

个经验问题”[1]。问题的解决不是永久的或一劳永逸的[2]。劳丹所说的“反常问题”与别的哲学家通常提到的“经验反常”是两个很不相同的概念。某一个经验事实，如果所有相竞争的理论都未能消化它（解决它），那么这种“经验反常”只不过是一种“未解决的问题”，仅当有某一竞争理论已经解决了它，那么这一“经验反常”对于未能解决它的那个（或那些）理论而言，才成为它们的“反常问题”。

对于“概念问题”，劳丹也根据它们的由因把它们分为两类：内部概念问题和外部概念问题。内部概念问题又可分为两类，“一类概念问题发生在我们发现一个理论逻辑上不一致，因而自相矛盾之时”[3]；另一类内部概念问题，也是更为常见、更难处理的概念问题，乃是“由（理论的）概念的含混性或同义反复引起的内部概念问题”[4]。至于外部概念问题，他在《进步及其问题》一书中最初把它分为三类，但阐释不太精练清晰。他认为“当理论 T 与被 T 支持者认为是由理性牢固确立起来的另一个理论发生冲突时，理论 T 就产生了外部概念问题”[5]。这可算是第一类外部概念问题。“不过，除了两个理论逻辑上不一致这种关系外，还有其他关系也能造成概念问题。一种常见的情况是两种理论虽然逻辑上一致，但却不同时可信，即接受这一个就不能接受那一个”[6]。“产生（外部）概念问题的第三种方式是出现了这样一个理论，这理论应该加强另一个理论，但它并没有做到这一点，而只是与后者相一致”[7]。数年后，他在《解决问题的科学进步观》一文中，对概念问题之形成（或分类）作了一种更为简练却更为清楚的说明：“对理论 T 来说，下面任一种情况发生时都将出现概念问题：①T 是内在不一致的或者它所假定的理论机制是模棱两可的。②T 所作出的关于世界的各种假定违反其他理论或违反现行的形而上学假定，或者 T 所作出的关于世界的各种主张不能为现行的认识论和方法论学说证明正当。③T 违反了它所从属的那个研究传统的原则。④T 不

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 24 页。
② 参见劳丹《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 25 页。
③ 劳丹《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 48 页。
④ 同上。
⑤ 同上书，第 49 页。
⑥ 同上书，第 51 页。
⑦ 同上书，第 52 页。

能利用其他更加一般的理论概念，而它在逻辑上应该从属于这些理论。”①

十分明显，劳丹在这里所说的将会出现概念问题的四种情况，其中第①种情况下出现的就是理论的“内部概念问题”。而在②、③、④种情况下出现的就是理论的“外部概念问题”。关于何谓问题的解决，他在《解决问题的科学进步观》一文中也作了相对更为精练和清晰的表述：“当一个理论连同适当的初始条件和边界条件，推出问题的一个陈述时，它就解决了一个经验问题。当一个理论不存在它的前驱理论的概念困难时，它就解决或取消了一个概念问题。”②

劳丹强调：“指出这一点是很重要的。”③ 因为“根据这样的说明，许多不同的理论可以解决同一个（概念的或经验的）问题”④。而“理论的价值是特别取决于它是如何解决许多问题的”⑤，而与它们的真假无关。

劳丹认为，对一个理论的评价而言，“未解决的经验问题”对它是无伤大雅的，它“一般不能对此理论造成多大损害”⑥。“已解决的问题”对于理论的评价能起正面的作用，它“有利于理论的地位的确立”⑦。“反常问题”则对于一个理论的评价将起到负面的作用，它“为反对某个理论提供了证据”⑧。“概念问题”对理论的评价同样只起消极的作用，“和反常经验问题一样，概念问题表明了我们理论的弱点。（即我们设计理论的目的是为了解决所有这些问题，而在这一点上，我们部分地失败了）”⑨。

（三）解决问题与科学进步

劳丹非常有创见地反对传统哲学中居于统治地位的关于科学的“累积进步”观。他认为从休厄尔、皮尔士、逻辑实证主义，直到波普尔、拉卡托斯等在内，实质上都是主张某种关于科学的“累积进步观”的，

---

① 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984年第1期。
② 同上。
③ 同上。
④ 同上。
⑤ 同上。
⑥ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社1990年版，第21页。
⑦ 同上书，第17页。
⑧ 同上。
⑨ 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984年第1期。

甚至连库恩也难逃其嫌。因为他们都主张，科学中的后继理论必须能够解释其前驱理论所能解释的问题或现象，又要能解释其前驱理论遇到困难或不能解释的某些问题或现象。总之，后继理论是“扩大了已解决问题的范围”，“它们必须能成功地解决其先行理论所解决了的一切问题”。① 在劳丹看来，库恩在这个问题上是矛盾的。因为“一方面，他坚持认为，在每一次范式变革中，总是既有问题所得，又有问题所失，从而强调了科学的非累积性。但另一方面，他又声称‘一个科学共同体很少会或决不会接纳一个新理论，除非它能解决其他先行理论已解决的一切或几乎一切定量的数值上的疑点’”②。而后者正是表明一种“累积进步观”。劳丹认为，“累积进步观”是错误的，因为历史表明，科学进步中的理论演替“从不处于这样的相互关系中”③。而劳丹自己所要倡导的，正是一种与这种传统观念明显对立的“非累积进步观”或“无累积保留的进步观”。他说：“如果我们一定要拯救有关科学进步的观点，那么需要做的是割断累积保留与进步之间的联系，以至于甚至在解释上有得也有失时也能够承认进步的可能性。”④ 为此，他提出了一种纲领性的设想：“我们必须制订出某种以所得抵消所失的方法。”⑤ 因为“利害得失分析是处理这种情况的特别适宜的工具”⑥。在此基础上，他提出了“科学进步的解决问题模型”中的最核心的内容，即优选理论的分析程序和基本原则。他说：“在解决问题的模型内，这种分析具有如下程序：对于每一种理论，首先评估它所解决的经验问题的数目和分量；其次，评估它的经验反常的数目和分量；最后，评估它的概念困难的数目和重要性。由于建立了适当的尺度，我们的进步原则告诉我们：应优选这样的理论：它最接近于解决最大数目的重要的经验问题而产生最小数目的有意义的反常和概念问题。”⑦

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 141 页。
② 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 140 页。
③ 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984 年第 1 期。
④ 同上。
⑤ 同上。
⑥ 同上。
⑦ 同上。

（四）理论和研究传统

劳丹认为，“必须将通常所称的‘科学理论’区分为两类不同的命题体系”[①]。其中一类是“能用来做出具体实验预测和对自然现象给出详尽说明的一组非常具体且相互关联的学说”[②]；另一类则是“远为更一般、更不易检验的一组原则或假说”[③]。劳丹把前者称为“具体理论”（或有时简称“理论”），而把后者称为“研究传统”。劳丹认为：“上述两类理论之间的差别是极其巨大的：它们不仅在普遍性与具体性上不同，而且所适应的评价方式也是根本不同的。”[④] 研究传统为具体理论的发展提供了一组指导原则，这组指导原则又可以区分为两个部分：一个部分是“本体论的”，另一个部分是“方法论的”。“本体论一般规定了存在于该领域或该研究传统所在领域基本实体的类型。研究传统中的具体理论的作用则是通过将该领域的一切经验问题‘归结’为研究传统的本体论而对之做出说明。”[⑤] 方法论则是指研究传统“常常规定了某些程序方式，这些程序方式构成了该研究领域的研究者所能使用的研究方法”[⑥]。所以，研究传统与其下属的具体理论在性质上是很不一样的，具体理论“一般在经验上是可检验的，因为它们（与其他理论共同地）能推出关于该领域客体行为的精确预言”[⑦]。对比之下，“研究传统既不能用于说明，也不能用于预测，也不是直接可检验的”[⑧]。但是研究传统与其下属的具体理论的关系又是十分密切的，研究传统虽不提供具体理论的答案（那是具体理论的功能），但研究传统的全部功能就是为我们提供解决问题（经验问题和概念问题）所需要的关键工具[⑨]。研究传统对其构成理论（即具体理论）能发生重大影响。这类影响中最重要的有：①问题的定向作用；

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 68 页。
② 同上。
③ 同上。
④ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 68 页。
⑤ 同上书，第 76 页。
⑥ 同上。
⑦ 同上书，第 78 页。
⑧ 同上。
⑨ 参见劳丹《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 79 页。

②限制作用；③助发现作用；④辩护作用[1]。“研究传统能为其理论所做出的许多断言提供辩护，能禁止某些与自己不一致的理论进入自己的范围，能对其构成理论的经验问题和概念问题的认可和重要性发生影响，以及能为具体理论的产生和修正提供起助发现作用的指导原则。”[2] 当然，劳丹也承认，有些研究传统并不同时具备本体论和方法论两者，他把这类研究传统称之为“非标准的研究传统”[3]。劳丹承认，他的“研究传统”概念与库恩的“范式”或拉卡托斯的“科学研究纲领的硬核”有不少共同之处，但劳丹也强调，他的“研究传统”与库恩的“范式”或拉卡托斯的“硬核”又是很不一样的。他批评库恩的“范式”或拉卡托斯的“硬核”都过于僵化，不符合科学历史的实际情况，而他的“研究传统”中的要素在历史的过程中是可以演变的，而这种要素的演变仍然使研究传统的大框架维持恒定。应当说，劳丹的“研究传统”的这一特点更像是符合科学历史的实际情况的。

（五）理论或研究传统的评价，认识态度的系列

劳丹批评了以往科学哲学家们的如下这种观点：他们认为，科学家们在评价和对待理论的态度问题上，只取两极对立中的某个极端，即“相信”或者“不相信”，或者用另一种概念则是“接受”或者“拒斥”，而不可能采取其他中间的态度；更不可能承认科学家们采取这样的态度是“理性的”：科学家们采纳了他们当下并不相信（或接受）的理论。而劳丹则强调：理论和研究传统的评价一般是在两种完全不同的背景，即接受背景和寻求背景中进行的。“在这两种背景中，关于理论在认识上的可靠性，所提出的是两类完全不同的问题。而且，如果我们承认以下两种不同背景有着不同的目的，那么看上去不合理的许多科学活动就能被看成是非常合理的。”[4]

劳丹认为，对于研究传统的评价，存在着两种不同的方式。一种是即时性评价，它所着眼的是评价研究传统的即时合适性如何。他认为“这

---

① 参见劳丹《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 83 ～ 89 页。

② 同上书，第 90 页。

③ 同上书，第 100 页。

④ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 103 ～ 104 页。

实质上是探讨该研究传统内的最新理论在解决问题方面有多大的效力，这也就是需要我们确定当前构成该研究传统的那些理论（不考虑其先行理论）的解题有效性"[①]。另一种是历时性评价，它的着眼点是要考察研究传统的进步性如何，以便我们从相互竞争的诸研究传统中选取某种可能最有发展前景的研究传统，对它作认真的探求。历时性评价重在动态地评价研究传统的进步性如何，其中主要有两种测度方式。一种是考察"研究传统的总进步"，他认为"将一个研究传统之最久远形式的理论的合适性与此研究传统之最新形式的理论作比较，即能确定研究传统的总进步"[②]。另一种是考察"研究传统的进步率"。进步率是"指给定时期中研究传统即时合适性的变化"[③]。劳丹认为，研究传统的总进步与进步率这两个指标的评价可以很不相同，一个研究传统的总进步可能很大，但其近期的进步率却可能很低。同样地，甚至更值得注意的是，"根据研究传统的进步性（总进步或进步率）对它做出的评价与根据其即时合适性做出的评价可以有极大的不同"[④]。例如，一个研究传统可能它的即时合适性很大，即这个研究传统的最新理论的解题能力（或解题的有效性）可能很高，但却不怎么表现出总进步，甚至出现负的进步率[⑤]。

劳丹认为，研究传统的这两种不同的评价背景，由于其目的不同，其所采取的评价方式或评价指标也是不同的。在"接受的背景"下，即对一个理论或研究传统的接受或拒斥，是考虑这个理论或研究传统的当下的即时合适性，因而评价的标准是"选择具有最大解题能力的理论（或研究传统）"[⑥]。在接受的背景下，科学家们对待一个理论或研究传统的态度，确实是：或者接受，或者拒斥。在这样的情况下，"科学家都必须在一组理论或研究传统中（不管带有多大的试探性）选择接受其中的一个而拒绝其余的"[⑦]。但在与另一种思考目的不同的"寻求背景"下，科学家们的眼光盯着的是，在诸多研究传统中选择出可能是更有前途（前景

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 102 页。
② 同上。
③ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 102 页。
④ 同上书，第 103 页。
⑤ 参见劳丹《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 103 页。
⑥ 同上书，第 104 页。
⑦ 同上。

更好）的研究传统，以便在这个研究传统的方向上作探索或寻求，而这个研究传统的即时合适性（当时的解题能力）可能很显著地比不上与之竞争的另一个研究传统或已被接受的研究传统。当科学家在“寻求背景”下探求“更有前途”的研究传统时，研究传统的进步性指标，特别是其中的“进步率”指标就进入到科学家的评价视野了。劳丹说：“（虽然）仅仅因为一个刚萌发的研究传统有很高的进步率就接受它当然是错误的，但如果它已显示出能够解决在它之先的、一般来说更可接受的研究传统所不能解决的问题，而我们仍将它拒之门外，这同样是错误的。”① “一般说来，寻求较之其竞争对手有更高进步率的研究传统的做法总是合理的（即使它的解题能力较低）。”② 这样，劳丹就为科学史上的许多重要事件找到了合理性的根据。“在科学实际中，常常可以见到这样的情况…… 科学家探索和寻求与其竞争理论相比显然是可接受性更低、更不值得信仰的理论或研究传统。事实上，每一个新的研究传统都是在这种情况下出现的。”③ 这就驳回了费耶阿本德对科学哲学中的理性主义传统（承认科学是一项理性的事业，虽然它并不排除科学的某些活动中，无可避免地有非理性因素的作用）的攻击。费耶阿本德常常举出科学史上诸如此类的“有力证据”，来反驳理性主义传统，宣称科学比之于宗教、巫术等非科学的观念形式，并无特殊的优点，它同样是一种非理性的事业。劳丹还据此纠正了库恩式的片面性，为科学史上的下列事实做出了合理性的辩护：“一个科学家常常可以在两个不同甚至互相不一致的研究传统中交替工作。”④ 劳丹在《进步及其问题》一书中，把“接受”与“寻求”称之为两种不同的评价“背景”，数年后在其所撰的《解决问题的科学进步观》一文中，则不再使用不同“背景”的提法，转而使用“认识态度系列”的提法。他认为科学家对于理论或研究传统，在认识态度上，不是只有“接受”和“拒斥”这两种极端的态度，而是在接受与拒斥之间存在着一个认识态度的“连续统”。在这个“连续统”中包含着“追求”、“可予以考虑”等等不同的认识态度（的值）。“在接受与拒斥之间的这种连续

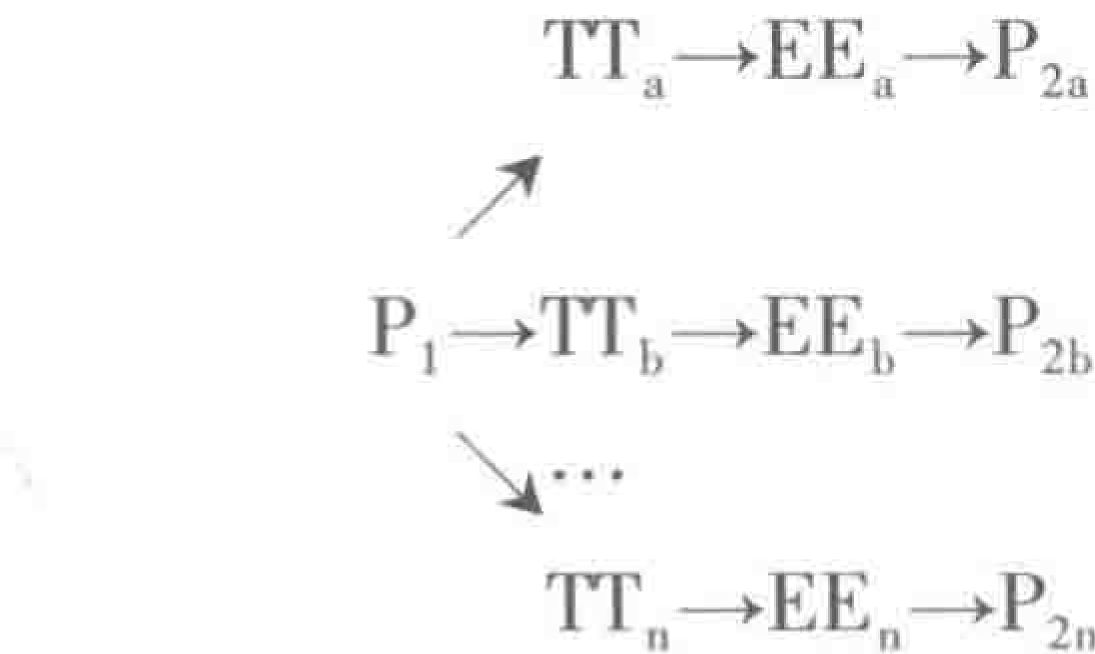
① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 107 页。
② 同上。
③ 同上书，第 105 页。
④ 同上。

统可以被看成是理论之相对解决问题进步（和进步速率）的函数。”①

劳丹的“科学进步的解决问题模型”还有一些其他内容，但那些内容与“问题”理论的关系已经相去较远，我们就不再去一一细说了。

四、劳丹与波普尔的问题观的差异与对立

综观劳丹和波普尔两人关于问题的理论，两者之间实在有着巨大的不同，在如下两点上它们甚至正好相互对立，这就是：①波普尔强调“问题”在科学中的动力学作用，强调“问题”推动科学进步，甚至与爱因斯坦一样，强调“提出问题比解决问题更重要，更能推动科学进步”。波普尔甚至还强调：“一种理论对于科学知识增长所能做出的最持久的贡献，就是它所提出的新问题。”② 而劳丹则强调只有“解决问题”才意味着科学的进步，而产生问题，无论是经验问题还是概念问题，都似乎只是一种消极的东西。②他们两人对“问题”在理论评价中的作用也采取了截然不同的立场。波普尔在讨论他的知识增长的四段图式



时强调：我们“可以通过 P_1 和 P_2 之间的深度差”来“适当地估计任何一门科学中的进步”③；“最好的试探性理论（所有理论都是试探性的）就是能引发最深刻和最出人意料的问题的那些理论”④；“我们可以把那些有希望引发出最异常和最有意义的新问题的理论探究到底”⑤。在波普尔看来，如果一个理论不产生新的更深刻的问题，那就是一个应当予以“否弃”的理论⑥。平心而论，波普尔在这里所说的“最深刻和最出人意

① 劳丹：《解决问题的科学进步观》。载《自然科学哲学问题丛刊》1984 年第 1 期。

② 波普尔：《猜想与反驳》，上海译文出版社 1986 年版，第 318 页。

③ 波普尔：《实在论者的逻辑观、物理观和历史观》，见《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 298 页。

④ 同上书，第 298 页。

⑤ 同上书，第 298 ～ 299 页。

⑥ 同上书，第 299 页。

料的问题”或那些“最异常和最有意义的新问题”，往往就是劳丹意义下的分量很重的“概念问题”。波普尔提倡对旧理论进行冲击，而任何对旧理论进行冲击的新理论，都要产生劳丹意义下的“概念问题”。波普尔强调愈是能产生重要的、有价值的问题的理论就是愈好的理论。与此相反，在劳丹看来，产生问题，无论是“经验问题”或“概念问题”，对于理论的评价只能起到消极的、负面的作用。他只希望理论解决问题而不希望它同时产生“新的问题”，或者至少是所产生的“新的问题”应愈少愈好。正如他自己曾经概括过的“科学进步的解决问题模型”的核心思想那样。他强调：“这一模型的核心假设很简单：①已解决的问题——经验的或概念的——是科学进步的基本单位；②科学的目的是不断扩大其解决经验问题的范围，不断缩小反常问题和概念问题的范围。”[①]。在劳丹看来，不仅是“反常问题”，而且包括“概念问题”都只是表明了理论的弱点。所以，他对竞争着的理论的优选原则是：“应优选这样的理论：它最接近于解决最大数目的有意义的反常和概念问题。”[②]。这与波普尔强调“最好的试探性理论（所有的理论都是试探性的）就是能引发最深刻和最出人意料的问题的那些理论”的见解适成反照。在某种意义上，也与希尔伯特的如下论断相冲突。希尔伯特说：“只要一门科学分支能提出大量的问题，它就充满着生命力；而问题的缺乏则预示着独立发展的衰亡或终止。”[③]

劳丹与波普尔两人之间在以上问题上的观念如此尖锐地对立，部分原因可能是字面上的，因为他们两人中的任何一人都未曾说清楚过“问题”这个概念究竟意味着什么，他们从未对他们自己所使用的“问题”这个词的含义做出过清晰的界定，尤其是劳丹。但是，从主要方面而言，这种对立，确实是真正理论见解上的对立。但奇怪的是，尽管20世纪的这两位伟大哲学家在如此重大的理论问题上存在着如此尖锐的对立，但却从未见他们自己站出来挑明这种对立并就这种对立意见开展辩论。其他哲学家们对此也木然置之，从未见有明鉴之评论。看来，这场分歧成了一桩20世纪科学哲学中被埋没的重大悬案了。

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社1990年版，第64页。

② 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984年第1期。

③ 希尔伯特：《数学问题》。希尔伯特于1900年在第二届关键数学家大会上的报告。

关于“问题”的实质或含义等深层次的理论问题，我们暂时不谈。我们不妨顺势对劳丹关于“问题”的理论预先给予某些目前就可以进行的批评或评论。

总的来说，劳丹和波普尔关于“问题”的理论都与杜威关于“问题”的理论有着密切的关系。劳丹从杜威那里继承了把“解决问题”视作认识目标的思想，因而静态地看待“问题”在认识中的作用，认为只有“解决问题”才意味着科学的进步。波普尔从杜威那里继承了“问题”激活认识过程的动力学作用的思想，因而十分强调“问题”推动科学进步的观念。但波普尔不把“问题”或“解决问题”看作是科学的“目标”；相反，他一再强调“科学的目的是追求真理”[①] 或“科学的目的是追求逼真性”[②]。而波普尔的这种关于科学目标的观念就是劳丹所尖锐批评的认识论的形而上学或认识论的“乌托邦”。

我们暂时撇下波普尔，到下文中再去评论他的观念。就劳丹在《进步及其问题》以及《解决问题的科学进步观》等论著中所表述的问题理论而言，它虽然做出了许多重要的工作（我们在前面已经提到），但就总体而言，它却存在着许多严重的问题和不足。

第一，他所使用的概念模糊。通观劳丹的以上论著和其他相关论著，他从未向我们清晰地说清楚“问题”这个概念的含义是什么，或者“问题”的实质是什么。由于他说不清楚“问题”的实质是什么，所以他也说不清楚他欲将其分类的“经验问题”和“概念问题”各自的含义是什么。何谓“问题”？他没有回答过。何谓“经验问题”？他只得说“‘经验问题’很难下定义，但可以举例说明之”[③]。然后他举例说，像“重物怎样下落?”“为什么下落?”以及物种的遗传现象等这类问题就是“经验问题”。往后，他又进一步概括说：“一般说来，自然界中使我们感到惊奇或需要说明的任何事物都可以构成一个经验问题。”[④] 此后，他又进一步说：“因此经验问题是第一层次的问题，它们是与构成一个科学领域的客体有关的重大问题。与另外一种更高层次的问题（指概念问题——笔

① 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 60 页。
② 同上书，第 61 页。
③ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 14 页。
④ 同上。

者注）不同，如要对经验问题的解答是否合适做出评判，必须研究构成该领域的客体。”[①] 那么，又何谓“概念问题”呢？他同样做不出任何清晰的定义。令人惊奇的是，他在对“经验问题”无法做出清晰界定的情况下，竟然用“排除法”来定义了“概念问题”。他满不在乎地、轻松地向我们宣布：“我们用排除法定义了概念问题，即把它们定义为非经验问题。”[②] 然而，既然“经验问题”的含义不清楚，那么，“非经验问题”的含义就同样不清楚。劳丹关于“经验问题”和“概念问题”的划分经不起三问，甚至经不起一问。劳丹关于它们的区分标准究竟是什么？它们各自的含义又是什么？如果经验问题是“关于客体”的，那么，难道“概念问题”就不是关于“客体”的吗？劳丹自己说，它们“很难定义”，但却可以举例说明。那么我们且试举一些实例来看看。例如，16 世纪时，托勒密派向哥白尼派发难时提出的那些典型的驳难，如“塔的论据”、“飞鸟云彩论据”、“地球飞散论据”等所显示的问题究竟是“经验问题”呢，还是“概念问题”呢？一方面，它们是“关于自然界的问题”[③]，从而应当属于“经验问题”；但另一方面，这些问题又显然是在哥白尼理论与当时的物理学背景理论（主要是亚里士多德主义的物理学理论）之间才产生的，一旦改变了背景理论，用牛顿理论取代了亚里士多德理论，这些问题就自然地解决了（消解了）。这样说来又应当属于“概念问题”，而“概念问题”按劳丹的定义是“非经验问题”。劳丹自己在书中也曾经说：“后来对哥白尼天文学的批评一般也不是说它在经验上不能预测天体的运动；事实上，它解决某些经验问题（譬如彗星的运动）的能力远远超过了其他的天文学理论。令哥白尼的批评者感到困惑和怀疑的，主要是哥白尼的日心说如何能纳入到关于自然界学说的更大的框架中去，而这一框架是从古代开始逐步系统地发展起来的”[④]。从这段论述看，劳丹似乎是把这些驳难当作“概念问题”看的，但是，就劳丹所掌握的科学史知识，总不至于忘记，当时的“哥白尼天文学的批评者”正是把“塔的论据”、“飞鸟云彩论据”、“地球飞散论据”当作哥白尼理论的经

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 15 页。
② 同上书，第 47 页。
③ 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 15 页。
④ 同上书，第 45 页。

验反常提出来的，所以它们所构成的正是一些标准的“反常经验问题”。而“反常经验问题”当然是一种“经验问题”。请问劳丹：我们究竟应当把这些问题划归为“经验问题”呢，还是“非经验问题”（“概念问题”）呢？像这样的例子还可以举出一大堆，它们都会使劳丹陷于困境。问题在于，劳丹把科学问题区分为“经验问题”和“概念问题”（非经验问题）只具有表面的“合理”性。事实上，任何经验的背后都是理论；任何经验反常的背后都是理论间的冲突。而按照劳丹的分类，经验反常属于“经验问题”，而理论间的冲突则属于“概念问题”，两者相互排斥。所以，归根结底，劳丹自以为很惬意的关于把科学问题区分为“经验问题”和“概念问题”的做法，不但在概念上是含混的，而且只要稍加分析，就会发觉它至多具有表面上的“合理性”，而在实质上是不恰当的。（往后，为了方便，我们有时在表层意义上也借用劳丹的“经验问题”和“概念问题”这些词。但务请读者注意我们上述的批判。）除此之外，劳丹一方面强调科学的目的是“解决问题”，另一方面却又强调“未解决的（经验）问题”只是潜在的问题，而“不是真正的问题”（或可译作‘现实的问题’）[①]。如果未解决的问题不是真正的问题，那是否意味着他所说的“未解决的问题”不是科学活动所着眼的现实的目的或目标？但这就与科学的历史和现实的实际相距太远了。更何况，如果“未解决的问题”真的可以被看作不是真正的问题，那就意味着它就几乎不会有被解决的时候（因为科学家都不把它当作科学所要现实地解决的问题），然而，这样一来，也就不会有劳丹所说的那种“反常问题”了。当然，实际上劳丹的概念错误还不至于走得如此遥远。在一定程度上，他还是承认未解决的问题的意义的。因为他说：“我们决不能从未解决问题的不确定性而得出结论说，它们对科学来说是无关紧要的，因为将未解决问题转变成为已解决问题是理论取得经验性进步的方式之一。”[②] 但是，就概念系统的合理性而言，既然劳丹强调“科学的目标就是解决问题”，而“未解决的问

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 18 页。此处原文的前后文为 Unsolved problems generally count as genuine as only when they are no longer unsolved. Until solved by some theory in a domain they are generally only “potential” problems rather then actual ones. 见 Larry Laudan. *Progress and Its Problems Toward Theory of Scientific Growth*. University of Calfornia Press. Berkeley Los Angeles London，1977，p. 18。

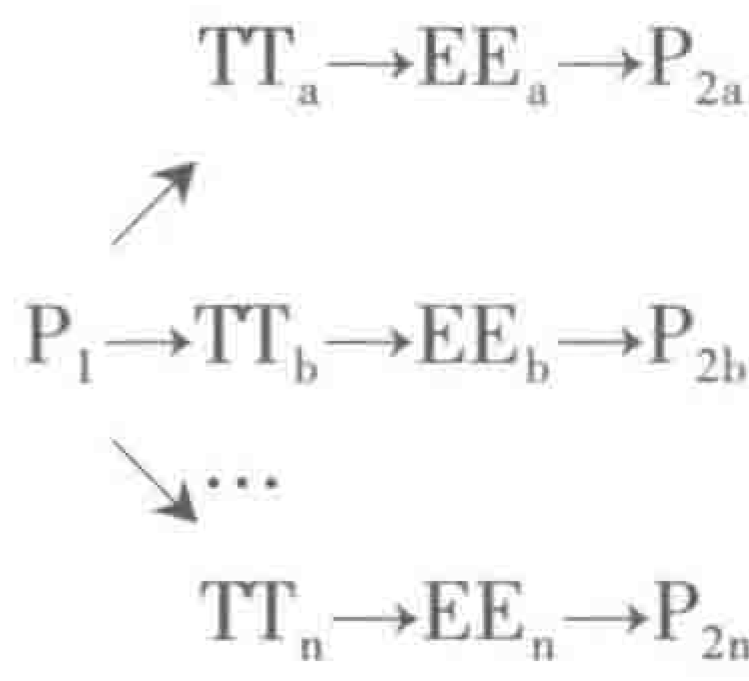
② 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 21 页。

题”不是真正的问题，那就显然会把未解决的问题逐出科学的视野之外。问题是：劳丹有什么理由说未解决的问题不是真正的问题呢？劳丹从未给出回答。但是如果未解决的问题是科学所应当着力予以解决的对象，那么根据劳丹的“科学的目标是解决问题”的论断，这类大量存在的“未解决的问题”显然应当是标准的“问题”。劳丹既未说清楚过“问题”是什么，也未说清楚过为什么未解决的问题不是真正的问题。由此可见，劳丹的概念系统中所存在的模糊和混乱实在是太多了。

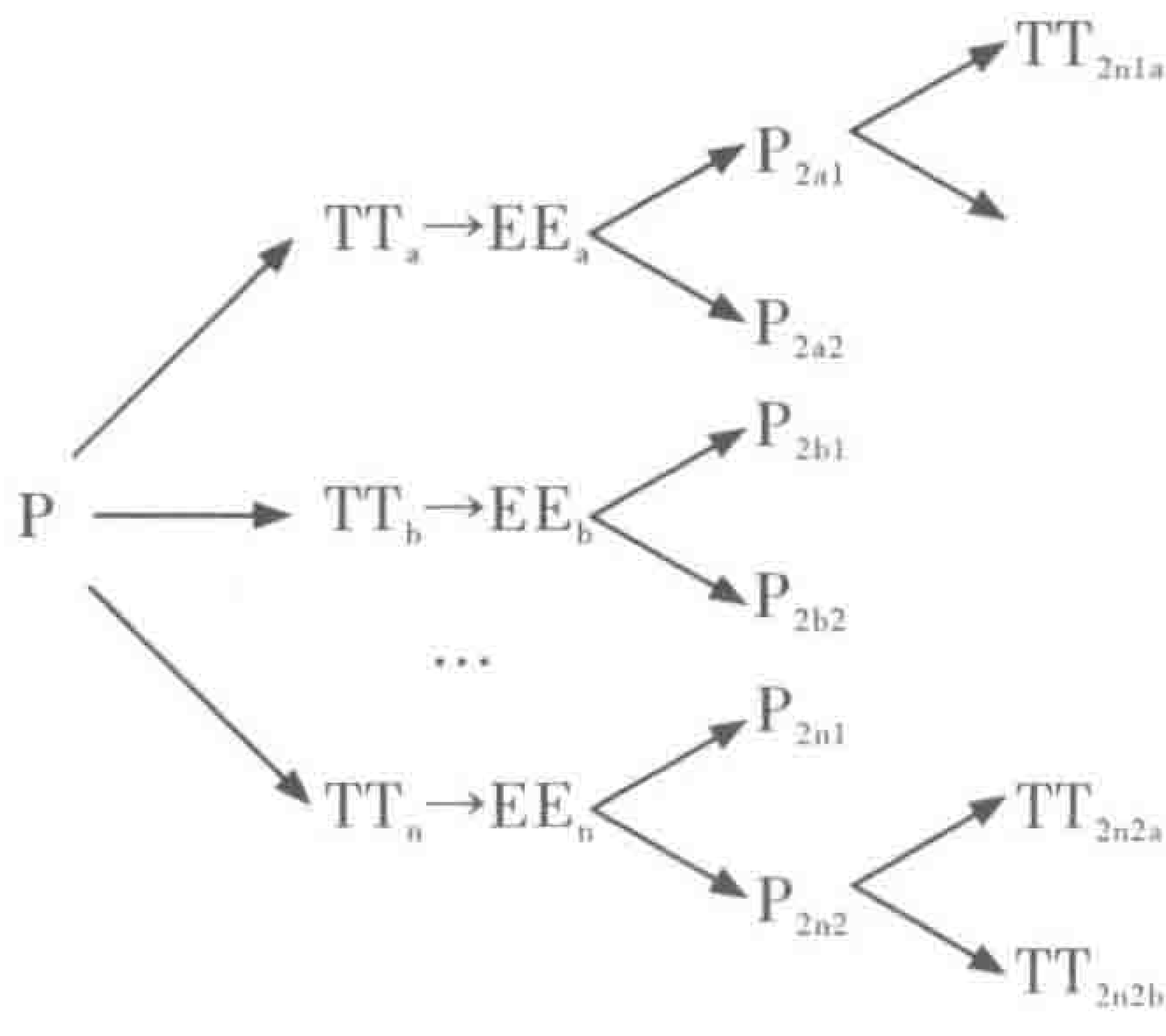
第二，劳丹的“科学进步的解决问题模型”中的许多重要观点是错误的，是与科学的历史相背离的。劳丹仅仅强调“解决问题”才是科学进步的标志，但在实际的科学发展中，提出新的问题或改变问题的提法，甚至仅仅看出正在被重视或花费大力气进行着研究的问题是一个伪问题也标志着科学的进步。许多情况下，确实如同爱因斯坦所指出的：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅是一个数学上或实验上的技能而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧的问题却需要创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”①劳丹自认为他的“科学进步的解决问题模型”不但适合于讨论科学的领域，也适合于讨论其他非科学的领域。他强调“这里采用的方法提示着科学的和其他形式的智力探究之间不存在本质的区别”②。那么，我们就用科学和数学领域中的实际情况来检验一下劳丹的这个模型。众所周知，在两千多年的数学历史上，曾经发生过三大数学危机，其中的每一次“危机”都与某一个数学“悖论”的发现相联系；它们分别是古希腊时代的“无理数悖论”、17世纪的“微积分悖论”和20世纪初的“罗素悖论”。每一个“悖论”的发现都是深刻的智力运作的结果，每一个悖论的发现都在当时的数学史上起着惊天动地的作用，因为每一个悖论的发现既带来了当时数学的“危机”，同时又开创出了一个全新的数学新时代。然而从性质上看，所谓“悖论”也就是劳丹意义下的由于理论内部不一致而造成的理论的“内部概念问题”。这些内部概念问题的发现（或提出）都是深刻的智力运作的结果，它们对数学发展的推动作用是怎么估计都不会过分的。在前面第二节中，我们还曾提到过希尔伯特问题对20世纪数学的巨

① 爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，上海科学技术出版社1962年版，第59页。
② 劳丹：《解决问题的科学进步观》。

大推动作用，这是全世界数学界所公认的。其实，不但数学中是如此，在科学中也是如此。在科学中，提出问题，特别是提出深刻的问题，都是非凡的智力运作的结果，它们对科学的推动作用是无与伦比的。伽利略落体定律早在 17 世纪初就被发现了。但 300 多年间谁也没有从中看出在它的背后还隐藏着一个深刻的问题：惯性质量与引力质量相等。然而，为什么惯性质量恰好会与引力质量相等呢？这确实是一个令人困惑的怪事！对这个问题的探索，成了爱因斯坦建立广义相对论的契机。同样地，“奥尔伯斯佯谬”和“双生子佯谬”的提出或发现都曾推动了物理学的进步，宇宙微波背景辐射的发现所引发的问题虽令人困惑，但却极大地推动了现代宇宙学的创生。科学的历史证明，一个深刻而重要的问题的提出，往往意味着开拓出一个新的研究领域。从这个意义上，波普尔关于知识增长的四段图式对于我们分析问题还是十分有用的。对他的图式



我们实际上还可以作适当的改进。因为并非仅当理论被证伪后才会导致新问题，理论如果经受住了检验也会导致新的问题（关于此，我们在后文还会进行讨论），所以对一个试探性理论的批判性讨论和检验往往会衍生出许多新问题。这样，这个四段图式就可被描述为问题增生和研究领域或学科增生的新颖的图式，它可以被表述如下：



这个图式表明，随着人类知识的扩张和深入，人们所研究的问题和所研究的领域也是不断被开拓和扩张的。如果人们所研究的问题竟然是不断地被清除或消灭，那又何来人类知识的增长或科学的进步呢？此外，劳丹认为一个理论产生的概念问题对于该理论的评价只能起消极的、负面的作用的观念，也是不能成立的。道理很简单，科学研究提倡创新，而任何一个具有创新性的理论势必要与传统理论，人们以前所接受的理论，甚至人们以往所接受的世界观发生冲突。而按照劳丹的定义，这就是要产生概念问题。有什么理由说产生概念问题对于理论的评价只能是消极的呢？更何况在许多情况下许多概念问题的产生对科学的发展甚至起着极大的，甚至革命性的影响，许多科学家对理论革新和相应地产生的概念问题都会抱着热烈欢迎的态度。产生“概念问题”，特别是“外部概念问题”对于理论评价的影响是正面的还是负面的，不能一概而论，问题在于这个（或这些）概念问题是如何产生的。历史上的例证不胜枚举，我们就不去说它了。即以劳丹自己的理论而言，他一再申明他的理论与科学哲学中的传统理论观念不同，他甚至认为强调“概念问题”的作用也是他在理论上的一个创造，因为概念问题“基本上为科学史家和科学哲学家所忽视”[①]。那么，劳丹自己是否认为他的那些与“传统观念不同”的创新观念，对于他的理论评价是只能起消极的负面的作用，或者它们与“反常问题”一样，表明了他的理论的弱点呢？事实上，我们从劳丹的行文中一再看到，他对自己的创新之举是非常得意的，有时还故意用夸张的手法来张扬这种“创新”。可见，他对自己的理论创新（因而按照他的定义，会引发概念问题）是并不作负面评价的。劳丹之所以会得出“概念问题”对于理论的评价只能起到消极的、负面的作用，强调“和反常经验问题一样，概念问题表明了我们理论的弱点”，除了思想上的片面性以外，还与他认为科学家接受或拒斥一种理论，乃是一种即时性的评价（考察竞争理论的合适性，即解决问题的效力如何）有关。但实际上，科学家们对待理论采取接受或拒斥或其他中间态度，都是一个过程，合理地说，在这一过程中，只存在延时性的判准，而不存在即时性的判准（关于这一点，我们往后还会再作分析）。

第三，劳丹的“科学进步的解决问题模型”还预设了某些前提，但

① 劳丹:《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 44 页。

这些前提是不能成立的。首先，它预设了这样的前提：一个理论所面临的问题（经验问题和概念问题）都是已经明摆着的。如此，他才能够按照如下程序或标准作即时性的评价："在解决问题模型内，这种分析具有如下程序：对于每一种理论，首先评估它所解决的经验问题的数目和分量；其次，评估它的经验反常的数目和分量；最后，评估它的概念困难或问题的数目和重要性。由于建立了适当的尺度，我们的进步原则告诉我们应优选这样的理论：它最接近于解决最大数目的重要的经验问题而产生最小数目的有意义的反常和概念问题。"①。然而，实际情况是，任何科学理论所蕴涵的问题大量地都是有待于深刻的智力运作去发现和发掘的，而在提出理论的一定时期内则是不清楚或不知道的。正如我们前面曾经提到的伽利略落体定律所蕴藏的惯性质量等于引力质量的怪问题竟然在300多年间未曾被发现那样。这个情况，就像波普尔曾经在论述客观知识的自主性时所分析过的，理论一旦建立，它所产生的相关的问题就是客观地存在着的了，只待人们去发现或发掘它们。恰如人类一旦创造了自然数，那么它所包藏着的种种问题，包括最大素数问题、哥德巴赫猜想问题以及其他各种数论问题，就都是客观地存在着了，所缺少的常常是人们一时还尚未去发现它们。而且在这个意义上，希尔伯特的如下论断是非常正确的："只要一门科学分支能提出大量的问题，它就充满着生命力；而问题的缺乏则预示着独立发展的衰亡和中止。"所以，劳丹的这个预设在两方面都是错误的：一方面是以为能以一个理论所解决的经验问题和所产生的反常问题及概念问题来合理地评价理论，但实际上大量的问题是有待去发现的，我们不可能以当时未曾被发现或知晓的东西作为"已知"的东西去合理地评价理论；另一方面，正如前所述，把产生问题当作该理论评价中的消极因素或负面因素的观念也是错误的。劳丹在"科学进步的解决问题模型"中的另一个预设是：理论所产生的问题都可以被一一列举出来并且是可数的，而每一问题本身则是单一而不可分解的。因为只有如此，他才能以列数所解决的经验问题的数目和分量以及所产生的反常问题和概念问题的数目和分量的方式来评价理论。然而，众所周知，科学中的问题都是可以进行分解的。在科学研究中，科学家们也常常需要把一个大问题分解为许许多多的小问题（子问题）才能进行研究，而且只要需要，还可以把这些

---

① 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984年第1期。

子问题分解为更次一级的小问题（“孙问题”）。因此，除非劳丹能够设想科学中存在有某种不可再分的“原子问题”；否则，他企图以解决或产生问题的数量来评价理论的进步或优劣将是没有意义的。

第四，劳丹的“科学进步的解决问题模型”的核心观念是十分可疑的。劳丹曾强调地提出：“一种科学哲学或一个科学进步模式若要令人满意，必须提供某些指导原则，这些指导原则不仅能用来辨识科学问题，而且还能用来计算这些科学问题的相对重要性”[①]，以便能够“制定出某种以所得抵消所失的方法”[②]。但我们统观我们所能见到的劳丹的各种著作，却从来未能找到任何可以“用来计算这些科学问题的相对重要性”和“某种以所得抵消所失的方法”。但是，只要没有任何有效的评估（更不要说“计算”）科学问题的相对重要性和以所得抵消所失的方法，那么，他所提出的那种优选理论的分析程序和基本原则就只不过是“水中的月亮”，尽管给人一种诱人的美景，但却是“捞不着”（不可操作）的，甚至只不过是一种“空中楼阁”，根本上是不可实现的。然而，只要他的优选理论的分析程序和基本原则不可实现，那么，他的整个“科学进步的解决问题模型”就失去了光彩，因为前者乃是后者的核心。

劳丹的“科学进步的解决问题模型”的中心假设是“科学的目标就是解决问题”。但由于这个模型实在存在着太多的毛病，所以在七年后，他在其新著《科学与价值——科学的目的及其在科学争论中的作用》（*Science and Values. The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*）一书中，改变了观点，用“网状模型”来代替了“科学进步的解决问题模型”。根据“网状模型”，劳丹明确地宣布：对于科学而言，“并没有哪一组目的是唯一适当的”[③]，并且坚称：“这个事实是无法改变的”[④]。这就意味着，劳丹已经放弃了只有解决问题才是科学唯一合适的目标的观点。相应地，他也实际上放弃了他曾信誓旦旦地坚持过的“科学进步的解决问题模型”。至于他的“网状模型”中存在的问题，拙著《科学的进

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社 1990 年版，第 32 页。

② 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984 年第 1 期。

③ 劳丹：《科学与价值——科学的目的及其在科学争论中的作用》，福建人民出版社 1989 年版，第 86 页。

④ 同上。

步与科学目标》一书中已对它进行过讨论。[1]

但是，尽管劳丹的“科学进步的解决问题模型”存在着种种较严重的问题，然而它毕竟如我们在前文介绍中所言，它还是为我们提供了许多富有启发性的思想。劳丹关于“科学进步的解决问题模型”以及相关的理论，无疑为我们试图进行的“问题学”的理论探索，提供了一个重要的理论方面的背景。

在20世纪的科学哲学中，除了杜威、波普尔和劳丹曾为“问题”的理论探讨做出过重大的贡献以外，还有其他许多哲学家，如玻兰尼、图尔敏、阿伽西、库恩、拉卡托斯、尼克勒斯和日本哲学家岩琦允胤以及物理学家宫原将平等人，都曾对“问题”理论做出了他们自己的贡献。限于篇幅，我们不再对他们的工作做一一介绍，只在下文中要涉及他们的工作时，再提及他们。

第四节　科学中的理性怀疑主义和科学家的好奇心

笔者比较同意波普尔的“三个世界”的理论。虽然笔者不是像波普尔那样的实在论者，更不是一个朴素实在论者[2]。

波普尔于1967年8月25日在“第二届逻辑、方法论和科学哲学国际讨论会”上所做的著名的题为《没有认识主体的认识论》的学术讲演中提出：“如果不过分认真地考虑‘世界’或‘宇宙’一词，我们就可以区分下列三个世界或宇宙：第一，物理客体或物理状态的世界；第二，意识状态或精神状态的世界，或关于活动的行为意向的世界；第三，思想的客

---

① 林定夷：《科学的进步与科学目标》，浙江人民出版社1990年版。尤其是该书的第十六章。

② 波普尔认为他的“三个世界”的理论与实在论的立场是不可分离地相联系的。所以他在提出他的“三个世界”理论的那篇论文《没有认识主体的认识论》中，为了论证，他一开头就说：“我希望在一开始就声明我是一个实在论者，有点像一个朴素的实在论者。”（见《客观知识》，上海译文出版社1987年版，第115页。）但在笔者看来，“三个世界”的观念与实在论立场未必有如此紧密的联系。笔者将接受“三个世界”理论的主要观念，而批判波普尔式的实在论立场。

观内容的世界，尤其是科学思想、诗的思想以及艺术作品的世界。”[①] 关于他所说的“第三世界”之所指，他又补充说：“在我的‘第三世界’的成员中，尤为突出的成员是理论体系，但同样重要的成员还有问题和问题境况。而且我将论证，这个世界的最重要的成员是批判性辩论，并可类似于物理状态或意识状态而称之为讨论的状态或批判辩论的状态；当然还有期刊、书籍和图书馆的内容。”[②] 波普尔认为，“第三世界”虽然是“第二世界”即人的精神状态的世界的产物，但它一旦被产生出来，它就获得了“独立存在”的客观性，它就可以像“第一世界”即物理世界那样，被当作一个“客观对象”进行研究，并且它还具有了某种发展的“自主性”，就像动物的粪便或蜘蛛所产出的丝一样，它们虽然是动物和蜘蛛的产物，但一旦它们被产生出来，就有了它们自身的客观性及其独具的发展的自主性。所以，第三世界乃是“客观意义上的观念的世界——它是可能的思想客体的世界：自在的理论及其逻辑关系、自在的论据、自在的问题境况等的世界”[③]。从这个意义上，关于“问题”如何产生，我们显然可以从两种不同的角度上进行研究。一是从“客观的第三世界”的角度上进行研究，看看在那个“自主的”、“思想的客观内容的世界”里，“问题”是如何产生的。二是从“第三世界”是“第二世界”即人的精神状态的世界的产物的角度上进行研究，看看作为“第三世界”之重要成员的“问题”和“问题境况”是怎样与人的精神状态相联系而被产生的。关于从“客观的第三世界”的“自主性”的意义上探讨“问题”产生的途径，我们将放到后面的第五章里再去研究，而从与“第二世界”即人的精神状态的世界相联系的意义上探讨“问题”如何产生，则是与我们本章所关注的研究“问题学”的既有背景相联系的。这就是“科学需要怀疑精神”和科学家的“好奇心”。这里需要说明的是，“怀疑”和“好奇心”作为心理状态，乃是属于“第二世界”的东西，但当我们考察作为“科学传统”中的怀疑精神和好奇心时，却又是置身于“第三世界”之中了；我们是从那个世界中去窥视“第二世界”中的“怀疑”和“好

① 波普尔：《没有认识主体的认识论》，见《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 114 页。

② 同上书，第 115 页。

③ 波普尔：《没有认识主体的认识论》，见《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 165 页。

奇心”这些精神状态的要素对于产生“问题”的关系的。

本节中的主要内容之一是强调“科学需要怀疑精神”。“科学需要怀疑精神”，这也许是一个平淡无奇的题目。但笔者以为，正是在这个平淡无奇的题目之下，却需要扫清许多传统观念的障碍。

初看之下，对于“科学需要怀疑精神”这个命题，人们通常是并不反对的。但是，仔细分析起来，传统观念却不但不鼓励怀疑精神甚至还经常地扼杀着科学中可贵的怀疑精神。

这已是长久以来的传统了。在中世纪的时候，宗教是不容怀疑的，它宣布圣经上所说的就是真理；谁要是怀疑宗教，谁就可能遭受肉体上的毁灭。近代，自从伟大的伽利略以来，强调知识只能来自自然界，鼓励人们要阅读大自然这部伟大的教科书，公开宣布对宗教的怀疑和批判，解放了人们的思想。但是，同时却又从科学“内部”产生出一股思潮，它强调：科学必须建立在确凿无疑的事实的基础上，理论必须从事实中导出，那些被实验观察证实了的理论就是真理。而“真理”当然又是不容怀疑的。某些更加极端的思想，甚至把“科学”与“真理”当作同义词看待，强调“科学就是真理的体系，谬误是与科学不相容的”。在这些似是而非的观念的支配下，于是就在科学中片面强调“证实”原则。按照这种所谓的“证实”原则，一方面要求科学必须证明自身是不容怀疑的，另一方面要求学习科学知识的人，必须不怀疑科学。在这类传统观念的熏陶下，一位教师讲授一本成熟的科学教科书，就被认为是在传授着真理的知识，要求于学生的，主要是接受知识，而不是鼓励和培养学生独立思考和怀疑的精神。教师常常不喜欢学生对所讲授的知识提出问题，提出怀疑和质疑。当一种学说或理论或“主义”被宣布为“科学真理”的时候，甚至因而可以逻辑地得出结论：必须“坚持”这种学说或理论或主义，不许有丝毫的动摇。在这种气氛之下，当然就说不上提倡怀疑精神了。按照这种流传甚广的传统观念，科学是不容怀疑的。在我国，这种似是而非的传统观念已经害苦了几代学子，迄今它还浸透在“应试教育”的骨髓里。更有甚者，某些居心叵测的政客们，也打着此类的“科学”旗号营私，以售其奸。他们往往先借着权力不容分说地宣称某种官方意识形态为“科学真理”，接着就“合乎逻辑地”宣布对这种官方意识形态必须“坚持”，不得有任何违逆，并借此对全社会进行疯狂的意识形态迫害，实行所谓的“在意识形态领域全面专政”。在20世纪30年代至70年代的短短

数十年间，我们曾目睹了此类“意识形态专政”在纳粹德国，在斯大林时期的苏联，以及在“文化大革命”时代的中国肆虐并造成了惨绝人寰的后果。说到底，不管以任何形式，宣称对某种理论或某种学说，只能“坚持”，不许怀疑，不许动摇的口号，都是反科学的，是彻头彻尾地反科学的。科学鼓励怀疑和质疑，在科学中不可能提出“只许坚持”某种学说或理论的荒唐口号。即使对于像爱因斯坦的相对论这样高度成熟的理论，科学界也鼓励对它进行有根据的怀疑和质疑，不可能提出“必须坚持相对论”的口号。相反，如果有谁对相对论提出了有理有据的怀疑和质疑，一定会受到科学界的欢迎；如果有谁在怀疑和质疑的基础上，进而提出了比相对论更优的理论以至于能够取代它，那么，世界科学的最高奖赏——诺贝尔科学奖大概就会等待着他了。从科学的眼光来看，“保卫”某种学说，或者只许“坚持”某种学说，实在都是一种完全荒诞不经的口号，它是彻头彻尾地与科学相对立的，因而是反科学的。科学需要怀疑精神；怀疑精神正是科学的最基本的精神。它是从事科学探索的第一把钥匙，因为它是产生“问题”之源。

当然，我们在这里强调“科学需要怀疑精神”，并不是要以此与“要相信科学”这一广为人知的口号相对立。这两个口号也许是可以并行不悖的。当我们面向大众进行宣传的时候，提倡“要相信科学”无疑有着完全正当的理由。因为科学，特别是当代已经高度发展了的科学，比起大众中朴素地持有的常识见解和直觉经验来，显然要高明得多；科学对于现象的解释和预见，因而也就是对我们的实践的指导作用，比起那些未经认真审察和检验的常识见解或直觉经验来，显然要正确得多和有效得多。因此，宣传科学，要求大众相信科学，无疑是一种合理的纲领。但是，对于任何从事研究的科学工作者及其后备队来说，仅仅要求他们“要相信科学”却未必是一种合理的口号，它至少应当以另一个口号“科学需要怀疑精神”来补充，并且把后者提到更加突出的地位上；对于他们，我们不应当简单地强调“要相信科学”这个口号，相反，为了勇攀科学高峰，发挥出他们的创造性才华，更恰当的方式倒是应当更多地强调“科学需要怀疑精神”。其实，即使对于一般的国民教育而言，为了提高国民的科学素质，也需要强调“科学需要怀疑精神”，因为怀疑精神乃是科学精神中最基本的要素。当然，正如我们在后文中将要说明的：“疑”和“信”并不是绝对对立的两极。

我们为什么要如此地强调“科学需要怀疑精神”呢？因为从科学动力学的意义上，“怀疑”正是“问题”之源；科学研究中的问题总是从怀疑中产生的，而“问题”，正如前已表明，它是科学进步的灵魂；科学研究不但从问题开始，而且正是问题推动研究，指导研究，问题贯穿于科学研究的始终，科学的历史就是一部问题不断展开和深入的历史。所以，可以说，怀疑精神是科学研究工作者最重要的精神；没有怀疑精神，就不会有创造性的思维，就不会有科学的发现；对于科学研究来说，最可贵的就莫过于怀疑精神了。所有有见地的科学家都提倡并强调怀疑精神。李四光说：“不怀疑不能见真理，所以我很希望大家都取一种怀疑的态度，不要为已成的学说压倒。”① 爱因斯坦在其《自述》中讲到他自己的经验和特质的时候，同样强调这种怀疑精神，并说他自己自从少年时代起，那种“对所有权威的怀疑，对任何社会环境里都会存在的信念完全抱一种怀疑态度，这种态度再也没有离开过我”②。

确实，要想从事科学的探索和研究，就不能没有怀疑精神。怀疑精神应当是科学工作者所必须具备的最重要的特质。如果说，“问题”是科学研究的第一个环节，那么，怀疑精神就是从事科学探索的第一把钥匙。正如“问题”贯穿于科学研究的始终，我们也应当让怀疑精神渗透到科学研究的每一个环节。我们不仅应当怀疑科学中已成的假说和理论，而且甚至还应当怀疑科学中的某些所谓的“已知事实”以及我们自己的和别人的科学研究程序中的每一个实际步骤及其所采用的方法。总之，只要有可能，就应当从怀疑的角度上对科学研究的每一个环节进行认真的审察和捶打。从历史上看，科学中任何一种新的学说去代替旧的学说，总是发端于怀疑。如果哥白尼不是对当时一致公认的“地球中心说”发生怀疑并提出质疑，就不可能创立“太阳中心说”。如果达尔文不是在“贝格尔舰”的航行考察中对自己原来所信奉的“突创论”、“物种不变论”发生怀疑并提出质疑，他就不可能创立生物进化论的学说。同样，如果巴斯德不是对当时大量的实验报告中所宣称的微生物“自然发生”的“实验观察事实”发生怀疑，他就不可能去设计更加严格的实验来驳倒“生物自生论”，建立起全新的微生物学说。所以，怀疑，是创造性思维的开端，也

---

① 李四光：《中国地质变迁小史》，商务印书馆 1923 年版。

② 《爱因斯坦文集》（第一卷），商务印书馆 1976 年版，第 2 页。

是追求问题答案的开始。初看起来，怀疑是一种消极的行为，它似乎是要否定一种知识，但实际上它却是一种积极的行为。它常常意味着思维的进展和认识的提高。古人说得好："于无疑处见疑，方是进展。"对于科学研究和探索来说，怀疑精神是进行创造性思维的首要环节，即使对于学习和接受前人或旁人的知识（包括书本知识）来说，我们也同样应该强调独立思考和批判精神，切不可囫囵吞枣地尽信书上所言。"学贵善疑"，"尽信书不如无书"。爱因斯坦曾经强调指出，科学家从学校训练中所得到的那些概念，"实际上是同他的母亲的奶一样吮吸来的；他很难觉察到他的这些概念中的始终有问题的特征"[①]。因此他强调："为了科学，就必须反复复地批判这些基本概念。"[②] 应当指出，在学习中是否"善疑"，可以看作是一个学生学习成绩好坏的一种真正的标志。一个学习科学的大学生，在学完了一门课程和阅读了一本科学教科书以后，如果提不出任何一个有分析的问题，那么只能表明他缺乏科学研究所必备的创造性思维的能力。一个学生提出问题的深度，常常反映他理解知识的深度。事实上，即使对于科学中某种正确的理论，在我们接受它的过程中，怀疑精神也起着极大的作用。一个认真的学者在研究某种即使正确的理论的时候，他也不会放弃一种怀疑的眼光。当他通过独立的、认真的批判审察，终于使他对某种理论由疑而信的时候，他就真正牢固地掌握了这门理论。这种经过批判地审察而达到的掌握，与盲目接受甚至迷信一种理论是不可同日而语的。从这个意义上说，弗兰西斯·培根的以下这句话仍有一定道理。他说："如果一个人从肯定开始，必以疑问告终。如果他准备从疑问着手，则可能得到肯定的结果。"实际上，人的认识的发展常常是由疑而信，由信而疑的过程。而"疑"则不但是创造性思维的发端，而且也是真正地接受一种知识的开始。所以，自古以来有许多大学者都强调"疑"的重要。西欧有一句谚语，叫作"怀疑是智慧之母"。法国哲学家阿拉伯尔曾经指出："在学问上最好的解决方法是坚持的和经常的怀疑……怀疑把我们引向研究，研究使我们认识真理。"而中国宋朝哲学家朱熹则强调"学贵善疑"，明代的著名学者陈献章也说："疑者，觉悟之机也。""大疑则大悟，小疑则小悟，不疑则不悟。"这些话都十分有理。马克思也十分强

① 《爱因斯坦文集》（第一卷），商务印书馆 1976 年版，第 586 页。
② 同上。

调科学研究中的怀疑精神。当他的女儿燕妮和劳拉问他："你最喜欢的座右铭是什么？"马克思毫不犹豫地回答说："怀疑一切。"怀疑精神在现代科学研究精神中尤其占据着重要的地位，以至于一位当代著名的英籍匈牙利科学哲学家拉卡托斯强调说："其实，科学行为的标志是甚至对最受珍爱的理论都持某种怀疑。盲目信奉某种理论不是智力上的美德而是努力上的罪过。"① 正是基于怀疑精神在科学上的这种重要性，所以20世纪国际著名的科学史家和科学社会学家默顿把理性的怀疑主义（默顿自己把这称之为"有组织的怀疑主义"，organized scepticism）看作是科学伦理规范的四项基本原则之一。② 而另一位国际知名的科学社会学家约翰·齐曼则把怀疑主义列为"科学的精神气质"（scientific ethos）的五大要素之一③。当然，我们在这里所强调的怀疑，是在对事实和知识进行分析的基础上的怀疑，而不是无端怀疑，更不是盲目地否定一切的"怀疑"。虽然，怀疑似乎总是趋向于以否定某种知识或信念的形式出现，但却又总是以趋向于肯定另一种知识或信念为它的前提。否定一切是不可能形成真正的怀疑的。弗莱明和伦琴的怀疑是以肯定他们的观察事实为前提的，而巴斯德怀疑自生论者的实验，则以生物不能自生的信念为出发点。而且，我们在科学研究中，"疑"并不是目的，"释疑"才是目的。科学家的研究活动，虽然总是从疑问开始，然而却总是以释疑作为他们的结果。

十分明显，"疑"和"思"总是相伴而生，并且互为前提的。"疑"就意味着"思"，推动着"思"，疑问和疑难激发起人的好奇心，开拓出创造性思维的涌泉。但是，反过来，"疑"本身又是"思"的结果。"善思才能善疑。"在广阔的知识背景下，一个科学家要能够对科学中已有的理论、原理或概念提出真正的疑问、疑难或者质疑，是其刻苦钻研知识、善于动脑筋的结果。因此，怀疑精神固然是科学工作者应当具有的最重要的精神，但这种怀疑精神绝不是莫名其妙的无端怀疑。科学的怀疑精神始终是和刻苦钻研知识、苦心思考求索相联系的。对此，爱因斯坦曾经深有体会地说："学习知识要善于思考、思考、再思考，我就是靠这个学习方法成为科学家的。"他并且强调说："发展独立思考和独立判断的一般能

---

① 拉卡托斯：《科学与伪科学》，载《自然科学哲学问题丛刊》1981年第1期。

② 参见默顿《科学的规范结构》，载《科学与哲学研究材料》1982年第4期。

③ 参见齐曼《真科学》，上海科技教育出版社2003年版。

力，应当始终放在首位，而不应当把获得专业知识放在首位。如果一个人，掌握了他的学科的基础理论，并且学会了独立思考的工作，他必定会找到他自己的道路，而且比起那种主要以获得细节知识为其培训内容的人来，他一定会更好地适应进步和变化。"① 由于苦心思索不但是广阔的科学背景知识之下产生怀疑和问题的条件，而且还是"释疑"和"解决问题"的条件，因此，坚持不断地苦心思索，就成了科学家成功的必由之路。牛顿曾说："思索，持续不断地思索，以待天曙，渐渐地见及光明……如果说我对世界有些微贡献的话，那不是由于别的，却只是由于我的辛勤耐久的思索所致。"他还一再强调："我的成就当归功于精心的思索。"达尔文也曾经回顾说："我忍耐地回想任何悬而未决的问题，甚至连费数年亦在所不惜。"事实上，他为了解决生物如何进化的问题，整整思索了几十年。怀疑—问题—思索，这是任何一名科学家取得成就的第一个必备的条件。今天正在从事学习的大学生和研究生，应当使自己在学习的过程中自觉地受到这方面的训练。在历史上，在学者中，常常并不少见那种乏于"怀疑—问题—思索"精神的人。对此，拉·梅特里曾经发出过如下的感叹："有多少迂腐的学究，辛辛苦苦了四五十年，被偏见的重荷压得弯腰驼背，比时间压得还要厉害，看起来什么都学过了，却单单没有学会思考。"② 我们要学习前人的知识，但决不要做书本和文献的奴隶。对此，贝弗里奇曾经告诫说："阅读文献时应该用自己的批判力和思考力，不要只是为了积累资料而做一个书呆子。'尽信书，不如无书'，对于科学工作者是很好的格言。太相信文献会束缚一个人的想象力和创造力，但是多读文献再加上思考，就会使人注意到一个问题的关键，从而能解决一个问题。"

当然，在这里，当我们谈到"怀疑—问题—思索"的时候，我们同时还应当谈谈科学家的"好奇心"。因为正如"怀疑精神"一样，"好奇心"作为"第二世界"的一种状态，同样是"问题"之源。对于产生"问题"而言，"好奇心"与"怀疑精神"既相区别，又相互关联。今后我们会讲到，科学中的"问题"常常可区分为两种形式：一种取一般疑问句的形式，它们常常可表示为"是否 S?"或"是否 T?"的形式。其中

---

① 《爱因斯坦文集》（第三卷），商务印书馆 1979 年版，第 147 页。

② 拉·梅特里：《人是机器》。生活·读书·新知三联书店 1956 年版，第 9～10 页。

“S”为某一命题，“T”则为某种理论。另一种问题取特殊疑问句的形式，它们通常可表示为“……是什么?”、“……为什么?”或“……是怎样的?”等等不同的问句形式。就一般而言，通过怀疑所产生的是第一种类型的问题，即对科学中已有的命题或理论提出“是否”的疑问，而“好奇心”则是产生第二种类型的问题，它从“好奇”中不断穷根究底地想弄清楚究竟“是什么”、“为什么”、“怎么样”的问题。当然在实际的思维过程中，这两者又是相互交织的。

确实，在科学中，科学家们探究现象的穷根究底的好奇心，常常与他们的怀疑与思索精神互为表里，成为他们产生“问题”的又一个源泉。夜空暗淡无光，这大概是最古老的原始人就知道的简单事实。但夜空为什么暗淡无光？虽然多少年来早已为它做出了简单明了的解释：夜晚，太阳转到了地球的背后，而星星离我们又非常遥远。但寻根究底的好奇心却激发起奥尔伯斯的新的思考，竟提出了一个新的尖锐的问题。因为根据当时的科学背景知识，可以假定恒星是或多或少地均匀地分布于宇宙空间的。这样，如果以地球为中心，以足够大的 R 为半径设想一个大的空间球体，那么，位于这个空间球体中的恒星数目应当与 R^3 成正比，而按照光学理论，每个恒星射来的光亮的强度应服从平方反比定律，因而地球上所得到的每个恒星光强的平均效果与$\frac{1}{R^2}$成正比。如此说来，来自这个球形空间内的恒星光的总强度应与 R 成正比。而如果宇宙是无限的，而且按照一个合理的假定，星际空间对光的吸收微不足道，那么，夜空应当被照耀得比一千个太阳当空还要明亮。这又如何解释呢？这个尖锐的科学问题，就是著名的“奥尔伯斯佯谬”。它一直激励着许多科学家作进一步的探索，直到爱因斯坦的广义相对论的宇宙学才对它做出了某种合理的解释。自从伽利略以来，人们早已熟知落体定律：物体按等加速度下落。然而这就意味着物体的惯性质量与引力质量相等。自从牛顿以来，人们早就习惯于这个真理，以至于人们不觉得其中还有什么值得注意的问题。但好奇而喜欢寻根刨底的爱因斯坦却觉得这是个怪事：为什么引力质量恰好就会与惯性质量相等呢？这个问题就成了他创立广义相对论的出发点。善思善疑的科学家常常表现出对自然界抱着强烈的好奇心。不但对于各种神奇的现象保持强烈的好奇心，即使对于众所周知的现象也往往抱着一种穷根究底的好奇心。由此才使他们提出了许多发人深省的科学问题。这种喜欢穷根究底

的好奇心，同样是任何一名富有创造精神的科学家的重要特质。爱因斯坦说："我没有什么特别的才能，不过喜欢寻根刨底地追究问题罢了。"对于一个科学家来说，好奇心的丧失，无异于他的创造性能力的衰竭。但是由于各个时代的科学知识和见解总是以现成的方式向各该时代的人们提供了理解现象的某种习惯或理论，它往往使人们轻易地解释掉许多现象，因而使人丧失掉对许多现象重新探究底蕴的好奇心，结果就可能阻挡人们做出新的发现。正是从这个意义上，法国生理学家贝尔纳的这句话是很有道理的。他说："构成我们学习最大障碍的是已知的东西，而不是未知的东西。"因为"已知"的东西使我们丧失好奇心和不再怀疑。所以，一个善于创造的科学家的良好素质，就在于既具有深刻而广博的知识，同时又保持怀疑精神，保持对自然界现象的寻根刨底的强烈的好奇心。正是这种怀疑精神和好奇心能激发思考。不思考，自然界的许多复杂事物，看来都是简单的；深入思考，即使对最简单的事物，也可能发现其中的鱼龙变化，奥妙无穷。然而，人的好奇心的特质又总是要求通过从复杂的自然现象中理出秩序来，从而又使复杂的自然现象"简单化"，或者说，人的理性总是要求通过构建相对简单的理论去理解复杂的自然界，使自然界变得井然有序。所有这一切的背后，都有人的精神世界中的"怀疑—问题—思索"和"好奇心"在驱动着。

总之，科学研究是从问题开始的；问题推动研究，指导研究；问题是科学研究的真正的灵魂。然而，"问题"又总是和怀疑、好奇、思考相伴而生。所以，一个学者要想真正地从事科学探索，就一定要具有"不为既成学说所压倒"的怀疑精神和对现象喜欢寻根究底的好奇心，精于思索，善于抓住问题。杜威的这个意见实在是很正确的：疑难或困难激活思维，并且问题规定了思维的目标且控制思维的方向。

第五节　呼唤建立问题学

从本章建立问题学的背景考察，我们看到，自从20世纪以来，国际上有许多科学哲学家，特别是波普尔和劳丹，曾对"问题"的理论做出了许多精辟的研究，这些研究成果，都非常富有启发性和具有重要的价值，但同时我们又看到，这些研究还非常有局限性。迄今为止，在科学哲学的领域里，关于"问题"的理论研究，仍然是一个十分薄弱的领域。

这种薄弱的状态是与“问题”在科学研究中的核心地位和灵魂作用不相称的。这一情况，已经为某些科学哲学家所关注，他们呼吁应当建立“问题学”这样一门科学哲学的新的分支学科。

著名的美国科学哲学家尼克勒斯曾于1978年在他所主编的《科学发现：逻辑与理性》一书中发出感叹并大声疾呼：尽管问题的形成和解决是科学研究的真正核心，但迄今为止，科学哲学家和科学方法论学者还很少去研究科学问题的实质、结构和关系。我们不难找到许多阐述理论和解释的结构和实质的论著，但关于问题的却很少。他指出：这一忽视在科学哲学中造成了“面向理论”（theory - oriented）的倾向，即仅以理论为研究对象的倾向。他呼吁，应当用“面向问题”（problem - oriented）的方式对之进行矫正。[①]。尼克勒斯的呼吁在国际得到了一定的响应。近30年来，关于“问题”的研究已愈来愈引起了国际科学哲学界和科学方法论学界的关注和重视。1987年，在莫斯科召开的第八届国际逻辑、科学方法论和科学哲学大会上，一批学者（如苏联Ф. Берков等）已敏锐地提出了应建立“问题学”（problemology）的任务。在某种程度上，作者也参与了呼吁并创建“问题学”的行列。自20世纪80年代初以来，作者就在学术刊物上发表了近20篇直接讨论关于“问题学”的论文，并于1990年在《哲学研究》（第四期）上发表了直接打出“问题学”旗号的论文：《问题学之探究与问题的定义》。在笔者所出版的著作中，也同样关注“问题学”的研究：在笔者于1986年2月出版的专著《科学研究方法概论》一书中，曾列有专门的一章《科学研究中的问题》（约5万字）来讨论了关于“问题”的理论；在1990年出版的另一本专著《科学的进步与科学目标》中则更有超过占全书2/5的篇幅来讨论了有关“问题”的理论（全书17.3万字）。自1992—1994年，笔者受到国家社会科学基金的资助，还独立承担了“中华社会科学学术基金课题”——“问题与科学研究——问题学之探究”，并与1994年通过了专家组的鉴定。鉴定书的内容全文如下：

林定夷教授已按期完成国家中华社会科学学术基金课题——

① T. Nicklesed. *Scientific Discovery*: *Logic and Rationality*. D. Reidel Publishing Company. 1978, p34.

> “问题与科学研究——问题学之探究”。三年间共发表论文五篇，完成专著《问题与科学研究——问题学之探究》初稿（23.5 万字）。所撰写的论文，分别发表在《中国社会科学》、《自然辩证法研究》、《科技导报》、《中山大学学报》等权威学术刊物上，另一篇收入到王梓坤院士主编的论文集中。
>
> 虽然建立“问题学”的构想，是在 1987 年召开的第八届国际逻辑、科学方法论和科学哲学大会上由 В. Ф. Берков 等学者公开提出的，但在此以前，林定夷教授已在这个领域耕耘多年。他为这个学科建构了一系列基本概念，并形成一套较系统的理论，在这个领域里独树一帜，做了许多开拓性的工作，为问题学的研究与发展，提供了中国学者的贡献。
>
> 林定夷所构建的问题学理论中，概念清晰，理论结构严谨，所提出的问题较为符合科学研究过程的历史和实际，论证有相当的深度和广度，对于科学方法论、科学管理学、科学社会学、科学心理学等学科的发展有相当大的启发价值和应用价值。总而言之，林定夷教授在问题学方面所做的工作，在这个国家项目所做的工作是成功的、出色的。

本来，在完成该课题以后，我就应当在已完成的初稿的基础上加紧修订出版同一名称的专著。但十分遗憾，尽管专家组的专家们对我的工作给予了很高的评价，然而我自己知道，我的工作还多有不足，其中某些问题的探讨，仍然令我十分不满；至于设想中的关于“问题序的结构与逻辑”等方面的工作，由于我自身知识结构方面的局限，我自忖须作出非常艰巨的多年专心致志的努力，才可能会有某种初步的结果。所以，虽然《问题与科学研究——问题学之探究》一书的初稿早已向中华社会科学基金会应付交差多年，并曾有出版社主动与我联系出版事宜，但我却未加思索就予以婉辞了。因为我知道后果：“水”一旦拨出去，就收不回来了。自完成中华社会科学学术基金课题并通过专家组鉴定以后，我对“问题学”的研究仍未敢懈怠，但毕竟由于年迈，加上有其他工作分心（在此期间内我出版了三本著作，此外还主编了一本文集），所以对“问题学”的研究虽有些微进展，但仍令自己十分不满意。直至经过 12 年的努力，到了 2006 年，我才敢把修正补充后的 40 万字的书稿交与张志林，让它作为由

李醒民、张志林先生所主编的“中国科学哲学丛书”中的一本，付梓出版。

在我设想中欲对之进行研究的“问题学”，包括其中的“问题逻辑”在内，在性质上是属于科学哲学的一部分，或可成为科学哲学的一门分支学科，因而它在原则上不同于国际早已讨论过的“问句逻辑”之研究。

在国际范围内，自从20世纪20年代以来，就有许多逻辑学家从事Logic of Questions（问句逻辑）的研究。问句逻辑是一种自然语言逻辑。在自然语言中，语句是基本单位。问句逻辑的研究对象是问句，其主要内容是研究问句、预设和问-答关系范围内产生的各种逻辑问题。在当代，由于现代逻辑和现代语言学的发展，已使它展现出了广阔的发展前景。特别是乔姆斯基的语言学革命，已使得能用类似于数学和逻辑的公式，建立生成语法体系，并用之以描述自然语言，终于使得语法学与逻辑学之间建立起了更加紧密的内在联系。而蒙太古语法的成就又进一步提供了研究自然语言的语形和语义的形式化方法，从而为将问题形式化并建立形式化的问—答逻辑提供了前景。但是，毕竟问句逻辑，包括蒙太古语法本身（一种内涵逻辑）都是一种自然语言逻辑。作为自然语言逻辑，就很难摆脱各种特定自然语言（如英语、法语、汉语）的特点及其发育不完备性的局限。因而，建立一种完备的、普遍有效的和成熟的问句逻辑，迄今还只是人们的一种良好愿望。大量的创造性的工作也还有待人们去做。迄今为止，问句逻辑作为自然语言的逻辑，还只停留在对日常语言中的问句的预设和问-答关系的讨论，这种讨论较少能满足作为科学哲学之分支学科的“问题学”的要求。

与问句逻辑不同，迄今为止，倡导“问题学”之理论研究或关于“问题”之理论研究的，主要是一些科学哲学家，“问题学”所试图着力研究的是科学研究中的“问题”，它包含有广泛的内容。就作者迄今的探索来看，这些内容至少包括以下内容：

（1）“问题”在科学研究中的作用和地位（第一章中所讲到的杜威、波普尔、劳丹的工作，大量地都是属于这一方面的工作）。

（2）“问题”的实质，“科学问题”的界定。

（3）科学目标与科学问题的关系。

（4）科学进步的动力学机制。

（5）产生科学问题的通道。

（6）科学中问题的结构与问题逻辑。

（7）科学问题的价值评价及评价模式。

（8）科学问题的难度评价及评价模式。

（9）科学中问题分解的一般模式。

（10）科学中“问题序”的结构与逻辑。

（11）问题与科学发现：事实的发现与理论的发明。

（12）解决问题的方法论探究（如解决问题的启发式程序等等）。

还可以提出其他重要而有价值的问题，但这些研究都还没有越出科学哲学的范围，因而这样的“问题学”就是科学哲学的一个分支学科。当然，我们还可能十分有理由地把“问题学”的研究领域进一步拓展开来。例如，研究决策问题的一般结构与逻辑，以及解决“良结构问题”和“不良结构问题”的一般方法论问题，这样，它就会进入决策技术的哲学基础的研究领域，并将目前国际上已有一定研究的系统工程方法论也包括在内。在笔者已出版的专著《问题与科学研究——问题学之探究》（该书于2007年获得了中南地区大学出版社学术类著作一等奖，并于2009年获得全国大学出版社首届学术类著作一等奖）一书的附录中，就包含了这方面的研究。这时，“问题学”就将越出一般科学哲学的研究范围。再进一步，它甚至还可以跨入一般“思维术”的研究范围。但作者以为，为了较精细地研究，目前最好还是从“科学问题”的研究入手，暂时把“问题学”局限于作为科学哲学的一个分支学科来进行探索较为相宜。

从上面关于“问题学”的可能内容的展开可知，“问题学”也要涉及问题的结构与逻辑的研究。那么，“问题的结构与逻辑”与“问句的结构与逻辑”之研究又会有什么关系呢？在笔者看来，“问句的结构与逻辑”之研究成果对于“问题的结构与逻辑”之研究也许会有启发和借鉴的作用，但两者却又不是一回事。

在某种意义上，我们也许可以把“问题”（Problems）和“问句”（Questions）的关系看作类似于命题和语句的关系。两者确有相似之处。这相似之处就在于：命题都要通过语句来表达，不同的语句可以表达同一个命题，相似地，问题可以用问句来表达，不同的问句可以表达同一个问题。但这两种关系也有不同。不同之处在于：问题不一定要通过问句来表达，它也可以用陈述句、祈使句来表达。由此可见，问题的结构不同于问句的结构，研究清楚“问题”的实质和结构绝不是一件多余的事情，它

并不能简单地由研究“问句”的实质和结构来代替。至于“问题的逻辑”（Logic of Problems）显然也将不同于“问句的逻辑”（Logic of Questions）。正如现代数理逻辑中所使用的是人工语言，它除了研究数学证明的规律和数学基础研究中提出来的逻辑问题以外，它的主要的和基础性的内容就是研究命题的形式和推理规则。因此，数理逻辑的特点是它并非研究自然语言中的语句，而是用人工语言来形式化地研究命题的结构及其推理规则。也正因为如此，使得当代的数理逻辑发展得相当迅速和成熟。能否用某种形式化的语言来研究“问题”的结构与逻辑呢？当然，我们相信，正如当代的数理逻辑并不能代替“自然语言的逻辑”一样，即使今后真的有某种“问题逻辑”产生和建立起来，它也不能代替属于纯“自然语言逻辑”的“问句逻辑”。更何况，“问题逻辑”大概也不能真正摆脱“内容”的纠缠，因而它最终也还是不能真正摆脱“自然语言的逻辑”的范畴。但可以设想，由于“问题”不同于“问句”，所以，“问题逻辑”也将不同于“问句逻辑”，甚至它们合理的表述形式方面也将不同。我们也许应当努力寻求“问题逻辑”的新的真正合理的表述形式。但迄今我们所做的离这一目标还非常遥远。笔者年事已高，无力将这项工作进行到底，十分希望能有有志于这项工作的年轻有为的学者把这项工作进行下去，做出真正有创造性的可观的工作出来。

第二章　问题的实质和定义，科学问题的界定

“问题”是科学认识论或方法论中的一个十分重要的基本概念或范畴。科学家和哲学家们也历来非常重视“问题”在科学研究中的作用。但是，何谓“问题”？历来的科学家和哲学家们对于这个重要概念缺少必要的界定。波普尔虽然在他的知识增长的四段图式中强调：“科学和知识的增长永远始于问题，终于问题——愈来愈深化的问题，愈来愈能启发新问题的问题。”[①] 但是对于他一再使用的这个“问题”概念，却始终未能做出清晰的界定。劳丹虽然提出了著名的“科学进步的解决问题模型”，但在他关于阐述这个模型的著作和论文中，从未见过他对他所使用的“问题”概念有过任何清晰的交代或说明。但问题在于，在日常语言中，“问题”是个多义词。当人们述说“此人真成问题”、“此人有问题”、“工作中出了问题”、“我今天的报告讲三个问题”等等的时候，在这些不同的场合下，“问题”这个词的含义是各不相同的。但是，如今是要把“问题”作为一门学科的核心概念，或者至少是要把它当作科学认识论或方法论中的重要的专门的术语，那么，作为一门学科的核心概念或重要的专门术语，对于它的含义没有清晰的界定，肯定是会带来许多混乱了。

然而，真正地说来，要从科学认识论或方法论的角度上给“问题”下一个清晰而贴切的定义，却实在是一项困难的工作。因为十分明显，即使在科学或哲学中，不同的科学家和哲学家在使用“问题”这个语词时，在仔细的分析之下，它仍然是多义的；它在不同的语境中往往代表着不同的概念（或具有不同的含义）。如果我们不加界定地把这类含义不清或混乱的多义词引进到科学哲学或“问题学”中来，那势必仍将造成概念的混乱。

对于笔者而言，试图对“问题”这个科学方法论术语给出一个清晰而贴切的定义，也曾经是一个长期受其困惑甚至折磨的不解之题。1980

---

① 波普尔：《猜想与反驳》，上海译文出版社1986年版，第318页。

年前后，笔者的头脑就被其困惑而不得安宁，直至笔者于1986年所出版的《科学研究方法概论》一书中，虽然笔者在那里曾经用了厚厚的一章篇幅来对“科学研究中的问题”进行了专门的探索，但其中却没有对“问题”这一概念给出任何定义。这绝不是我的疏忽。在此之前，我至少查觅了国内外的重要学者所曾经给出过的不下于10种不同的“定义”，但它们都不能令人满意；而我自己虽然几经努力，甚至为此度过了不知多少个不眠之夜，但也同样给不出任何能令人满意的定义。在那种几乎近于“绝望”的背景中，当出版《科学研究方法概论》一书时，我只得做出“苦恼的决断”：把它当作悬案暂时不予谈论。往后又历经多年，我的头脑中似乎终于显现了一线光明，我才敢于在一篇文章中尝试性地去谈论问题的定义[①]。往后又在发表于《哲学研究》的一篇专论中进行了发挥[②]，并写进了我的一本专著《科学的进步与科学目标》（1990）之中。

下面，我们就试探着来讨论“问题”这个概念，并试图为构建“问题学”理论建立一系列最重要的概念。

第一节　以往的科学哲学家关于“问题”定义的探讨

在近几十年的科学哲学或科学方法论的发展过程中，曾经有不少重要的科学哲学家或科学方法论学者试图对“问题”这个概念下定义或做出描述。

英国著名的科学哲学家玻兰尼在其《解决问题》（1957）一文中，曾经认为：“一个问题或发现本身是没有含义的。问题只有当它使某人疑惑或焦虑时，才成为一个问题；发现也只有当它使某人从一个问题的负担中解脱出来时，才成为一个发现。一个下棋方面的问题，对黑猩猩或低能人来说什么也不是，因为它并没有使他们疑惑。另一方面，一个高能棋手也不会被其迷惑，因为他能轻而易举地解决它。所以，只有对一个水平与之

① 《问题·科学问题·科学目标》，载《百科知识》1987年第11期。
② 《问题学之探究与问题的定义》，载《哲学研究》1990年第四期。

相当的棋手，才会被它所吸引，才会把对它的解决评价为一个发现。”[①] 由此，玻兰尼最后还是对“问题”的含义做出了某种界定。他认为：“一个问题，就是一个智力上的愿望。”[②]

当代著名的美国科学哲学家图尔敏在其《人类理解》（1972）一书中，则把问题定义为解释的理想与目前能力的差距。他给出一个公式，就是“科学问题 = 解释的理想 - 目前的能力”，认为“科学家通过认识他们目前解释自然界有关特性的能力与他们目前关于自然秩序或充分可理解性的理想间的差距，找到和确定了目前概念的缺陷”[③]。

而 20 世纪国际最著名的科学哲学家之一波普尔也在其《客观知识》一书中说道：“一个问题就是一个困难，而理解问题就在于发现困难和发现困难在哪里。”[④] 又说：“困难和问题通常由两个方面的冲突产生，一方面是我们背景知识中的内在期望，另一方面则是某些新的发现，诸如我们的观察，或由观察所提示的某些假设。”[⑤]。记得在某处，他还下过一个类似于此意的类定义：问题就是“背景知识中固有的预期与其所提出的观察或某种假说等新发现之间的冲突”[⑥]。

当代日本的著名哲学家岩奇允胤和物理学家宫原将平在他们合著的《科学认识论》一书中，则把问题定义为：“问题是基于一定的科学知识的完成、积累（理论上或经验上的已知事实，即它的各阶段上的确实知识），为解决某种未知而提出的任务。”[⑦]

然而，所有这些定义都不能令人满意。玻兰尼的“定义”显得失之过宽，而且把“问题”仅仅界定为“智力上的愿望”也过于含糊。波普尔的“定义”则失之过窄，因为它不能把科学中诸如为了追求逻辑简单性的目标而提出的问题等包含在他的“定义”之中。图尔敏的定义是最有启发性的，但也失之过窄。因为它实际上包含着这样的意思：科学的目

---

① M. Polanyi. Problem Solving. *The British Journal for the Philosophy of Science*. Vol. 3. No 30 (1957).

② 同上。

③ S. Toulmin. *Human Understanding*. Oxford. 1972.

④ 波普尔：《客观知识》，上海译文出版社 1987 年版，第 192 页。

⑤ 同上书，第 75 页。

⑥ 转引自林定夷《科学的进步与科学目标》，浙江人民出版社 1990 年版，第 148 页。

⑦ 岩奇允胤、宫原将平：《科学认识论》，黑龙江人民出版社 1984 年版，第 312 页。

的仅仅是为了解释世界。在图尔敏的定义中，把那些并非解释性的“实用性问题”，全都排除在科学问题之外了。但这是不妥的。科学的目的不能仅仅是为了解释世界，更重要的还在于改造世界。事实上，科学工作者所从事的科学研究活动，大量的正是为了解决许多实用性的问题。我们固然应当区分“科学”和“技术”这两个不同的概念，但这并不意味着两者之间有一条决然的界限。许多为了实用的目的而进行的科学研究，正是标准意义上的科学研究。而岩奇允胤和宫原将平的定义，一方面仍较含糊，另一方面又显得过窄，因为问题并不一定是要解决科学上未知的任务。

但是，以上这些定义，也都包含有一些共同的合理的东西：一是它们实际上都把“问题”看作是与智能活动相联系的一个概念。自然界或自然事物本身并不存在什么“问题”，只有当某种智能生物或者还有智能机器以认识或改造对象为目标，进行智能活动，才会造成或产生“问题”。二是问题都是与智能主体的某种目标状态相联系的，不管这种目标状态是“愿望”也好，“预期”也好，或者“解释的理想”也好，或者是“为解决某种未知而提出的任务”也好。以上这两点，显然都是合理的。

至于在我国，更有人常常引用源自毛泽东的所谓“经典的”说法：“问题就是矛盾”或“问题就是事物的矛盾”①。但这种说法实在过于含糊而不确切。这里的“矛盾”是指什么意义下的“矛盾”呢？如果是指形式逻辑意义下的矛盾，那么虽然它有许多合理性，但却失之过窄，并且注释文章的作者们通常不同意作如此“解说”。因为它“不符合原意”。他们强调这是辩证法意义下的矛盾。但是，如果这是辩证法意义下的“矛盾”，那么，“问题就是矛盾”或“问题就是事物的矛盾”这样的命题就不但真正地含糊，而且很不确切了。因为在马克思主义的意义下，有客观辩证法和主观辩证法之分。客观辩证法是指客观世界本身固有的“辩证法”，它无所谓“正确”与“错误”之分，也无所谓“问题”可言。主观辩证法是客观辩证法的反映，有正确与错误之分，可以赋予逻辑上的真值（真或假）。如果它正确地反映了客观辩证法，那么它就是真的；如果它没有正确地反映客观辩证法，而是虚构了自然界并不存在的某种“辩证关系”，那么它就是假的。客观世界中到处存在着既相互联系又

---

① 例如，由刘元亮等六位学者编著的《科学认识论与方法论》（清华大学出版社 1987 年出版）一书就持这种说法。

相互排斥的对立倾向，这是客观矛盾。主观辩证法意义下的真“矛盾”，当且仅当它所揭示的矛盾双方都是真的，并且它们的相互关系也是真的。所以，辩证法矛盾（这里是指主观辩证法的矛盾，下同）与形式逻辑意义下的矛盾，具有完全不同的性质。辩证法矛盾具有综合性质，其真值要由经验确定，并且可以取真假二值；形式逻辑的矛盾具有分析性质，其真值由分析语句间的逻辑关系确定，并且其真值恒为假。真实的辩证法矛盾其矛盾双方必须都是真的；真实的形式逻辑矛盾其矛盾双方必须不能同真（也不同假）。当我们认识到了一个真实的辩证法矛盾，就意味着我们认识到了一种真理；相反，如果发现了在我们的知识体系中包含有逻辑矛盾，则表明在我们的知识体系中有谬误。因此，认识中包含有辩证法的矛盾并不会使我们不安；相反，我们有理由像坚持真理一样坚持这种矛盾。但是，如果在我们的知识体系中包含有逻辑矛盾，那必将成为一个真正的问题而使我们感到严重的不安。我们认识的目标之一就是要力图排除这样的矛盾。所以，真正地说来，辩证法的矛盾并不构成问题。逻辑矛盾才构成问题，虽然，“问题”并不仅仅是由逻辑矛盾构成的。

十分明显，以往的科学方法论学者所提供的“问题”的定义，虽然其中有些是富有启发性的，但整个地说来，它们都是不能令人满意的。

第二节　关于“问题”的实质和定义的新探讨

当前，随着“问题学”研究的逐步深入和展开，以及相关学科的发展，试图对“问题”的含义做出清晰的界定，已成为愈来愈迫切的任务。近二三十年来，心理学、人工智能等学科也都愈来愈关心“问题”这个重要的概念。因为心理学，特别是认知心理学和教育心理学都已愈来愈关心“如何创见性地提出问题和解决问题”这类课题，而许多人工智能专家也把“问题求解”看作是人工智能的核心课题。在系统工程中也提出了许多类似的问题。所以，在当前，讨论清楚“问题”这个概念，以及对“问题”给出清晰而合适的定义，实在已成为被广泛关注而有着重要意义的课题了。

在当代人工智能学界愈来愈注重于把“问题求解”看作是人工智能核心课题的背景下，我国学者何华灿先生曾经指出：“人工智能的核心课题只有一个，那就是广义的问题求解。”“人工智能研究中的其他内容都

可以围绕问题求解这个中心来组织。”进而他对“问题”概念作了如下表述：“人的各种智能活动过程特别是思维过程，虽然各自有其特殊的规律和特点，但都可以在一定条件下形式地等效成一个‘问题求解’的过程。这里的‘问题’是一个被开拓了的抽象概念，它表示某个给定过程的当前状态与我们所要求的目标状态之间存在某种差异。问题求解就是想消除这个差异。任何一个智能活动过程，只要我们给出了适当的状态描述和过程描述，即建立起正确的形式化描述，它就可以被表示成一个问题求解的过程。”① 何华灿先生的这段话与著名的人工智能专家西蒙曾经表述过的意见也是相当一致的。这一表述对于我们探讨“问题”的实质具有重要的启示。根据何华灿先生的这一表述，我们实际上可以把“问题”概念在最广泛的意义上定义为：某个给定的智能活动过程的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距。相应地，可以把“问题求解”定义为：设法消除给定的智能活动过程的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距。如果以 P 表示问题，以 S_t 表示智能主体所要求的“目标状态”，以 S_p 表示给定智能活动过程的“当前状态”，则有公式：

$$P = S_t - S_p$$

关于“问题”和“问题求解”的这一定义，我们还应当进一步作如下讨论：

（1）这个定义是最广义的，因而是具有广泛普适性的“问题”定义。尽管我们曾经强调，作为科学哲学或科学方法论之分支学科的“问题学”中所要讨论的主要是科学中的问题，而我们所指的“科学”，乃是按照目前国际科学哲学界比较一致的理解，即仅指对现实世界作出了陈述和描述的“经验科学”（包括自然科学和社会科学），而不包括数学和逻辑学这些纯粹的形式系统（也有人对“科学”一词做广义的理解，把数学和逻辑学称作“形式科学”，以示与“经验科学”的区别）。因此，我们在往后各章中将着重讨论科学中的问题，这些讨论的有些内容将并不适合于数学和逻辑学中的问题。但是，我们在这里所给出的“问题”定义，恰恰是非常具有普适性的。它不但适用于描述科学问题，也适合于描述工程技术问题，以及包括数学问题和逻辑问题在内的任何领域的一般性问题（除了应当排除日常语言中由于“问题”一词的多义性所带来的干扰）。

① 何华灿：《人工智能导论》，空军工程学院印刷所1983年版。

笔者在所编撰的《系统工程概论》[1] 一书中，曾经用这样的“问题”和“问题求解”的定义来处理系统工程中的问题和问题求解，也觉得十分贴切和合适。总之，在任何智能活动过程中，只要存在并描述了它的当前状态和目标状态的差异或差距，它就可构成一个问题。在这种定义之下，一位教师向幼儿园学生提出的问题，如“5 只羊加 6 只羊，一共是多少只羊?”也将构成一个真正的问题。因为它描述了已知条件（当前状态）和目标状态（要求用一个自然数与一个单位“只”的联合说出 5 只羊与 6 只羊之和），并且它的目标状态与当前状态之间构成了一个差距。也因为它是最广义的“问题”定义，因此这样定义的“问题”概念并不能充分地描述科学研究中所处理的问题的一般特性。为此，我们还必须引进并界定“科学问题”等其他概念。

（2）目前，国内学术界有的同志片面强调“问题的形式是语言学上的各种疑问句”[2]。认为“问题”只能以疑问句的形式来表达，这是错误的。实际上，“问题”不但可以用疑问句来表述，而且也可以用陈述句或祈使句来表述。大中学校的数学教科书中的练习题就经常使用这样的祈使句，如，试解下述方程组：

$$\begin{cases}\dfrac{2}{x-1}+\dfrac{5}{y-2}=1\\[2ex]\dfrac{1}{x-1}+\dfrac{3}{y-2}=1\end{cases}$$

像这样的祈使句，不但给出了问题，而且提出了求解的任务。这些祈使句之所以表述了“问题”，是因为它给出了一组条件——方程组，它相当于给定智能活动过程中的“当前状态”的描述，而根据代数学的预设，已包含了这样的目标状态：要求给出 x、y 的适当的值，使方程组中的两个等式均能成立。而且，根据代数学的性质，即代数学是实数论数学，所以它甚至还事先设定了它的解的“应答域”，即 x、y 的值必为某一实数（关于“应答域”这一概念，我们将在后面的第六章中再予分析）。反之，我们也不能认为，凡是用疑问句形式表达的任何语句必是表达了一个问题。我在《哲学研究》1988 年第 5 期、第 6 期上连载的文章中已经指出

---

① 林定夷：《系统工程概论》，中山大学出版社 1998 年版。

② 魏发辰：《关于问题哲学的基本问题探讨——兼与林定夷先生商榷》，载《哲学研究》1989 年第 12 期。

过："在某些上下文中，人们借助于反意问句强调对陈述句 S 的肯定，则这种反意问句虽具有问句的形式，却并不表述问题。" 实际上，还有更多的情况亦复如此。如英语中的某些问候语："How do you do?" 和 "How are you?" 尽管它们都具有问句的形式，但它们在现代英语中只是用来表达对于说话对方的问候，当把它们翻译成汉语时，仅仅相当于"您好!"(失去了疑问句的形式了)。所以，我们只可以说，疑问句是表达问题的一种语句形式，但却不能说"凡问题都要以疑问句的形式来表达"，或者"凡疑问句都是用来表达问题的"。所以，"问题学"所应当予以研究的问题的结构与逻辑，也不能被等同于或归结为疑问句的结构与逻辑的分析。

（3）根据我们所引进的关于"问题"的定义，当我们试图提出或理解一个问题时，应当着力于去把握它的"当前状态"和"目标状态"；而对于任何一个问题，都是应当而且可以做出客观描述的，而不会造成因人而异的主观性，更不会造成"不成问题的问题"之类的真正悖论。因为任何一个真正的合理地提出的问题，它的当前状态和目标状态都是可以做出客观的、可公共一致的描述的，不应当造成一个问题，"既是问题，又不是问题"这种真正的语意混乱，也不应当造成一个问题"对我是问题，对他又不是问题"这种描述上的主观性。当然，由于任何问题都是根据一定的背景知识而提出的，因此，在某些问题的具体提法中，以一定的背景知识为条件，其"当前状态"与"目标状态"在问题本身的表述中有些可能是显含的，有些则是隐含的。对"当前状态"与"目标状态"（无论它们是显含的还是隐含的）的理解都有赖于对相关背景知识的掌握；如果面对某个问题的"当前状态"和"目标状态"毫无理解，则人们面对这个问题就会不知其所云。"问题"作为波普尔意义下的"客观知识"或"第三世界"的一个成员，本身有其相对的"客观性"和"独立性"，人们是可以根据公共地接受的背景知识（因而也是客观知识）对其做出客观描述的，然而不同的主体（人、黑猩猩或智能机器）对"问题"的理解（包括能否理解以及理解的程度）则将随主体的智力以及所掌握的相关背景知识的不同而不同。前述玻兰尼关于下棋问题的说法，显然是把"问题"本身与不同主体对问题的理解相混淆了，所以才会产生"一个问题，对甲是问题，对乙不是问题"之类的混乱的说法。当任何一个智能主体面对任何问题并试图解决它的时候（我们所说的"智能主体"，没有波普尔所说的那样"泛"。在波普尔的意义下，它甚至可以包括阿米巴原

虫和其他原生生物。我们所说的“智能主体”，主要是指具有思维能力的主体，特别是指人），都会首先面临对所提问题的理解问题。对问题的理解，首先是对所提问题的显含的或隐含的“当前状态”和“目标状态”的理解。这不但在对任何科学问题或系统工程问题的理解上非常重要，即使在教学法中也是如此。大中学校的物理教师往往会向学生讲述求解物理习题的“五步法”，其第一步就是“找出显含的和隐含的物理量及各种条件作为已知，并明确问题的要求”。其实，这就是要求学生结合背景知识而明确解题活动所面临的“当前状态”和“目标状态”，从而理解和把握问题本身。至于在科学研究中，明确地理解和把握问题本身，即仔细地分析清楚问题中所包含的“当前状态”和“目标状态”，就显得更为复杂而且重要了，甚至它本身将构成一项研究。

《哲学研究》1989 年第 12 期上，曾发表魏发辰先生的文章：《关于问题哲学的基本问题的探讨——兼与林定夷先生商榷》。魏先生在该文中对我们关于“问题”的定义做出了严重的误解和曲解，而表示不能同意我们对“问题”所给出的定义。他对“问题”另作了如下定义：“‘问题’相对于已知和未知，是认知主体对认知对象已知状态和未知内容之间的差距、矛盾”。但是，关于对象的“未知内容”是太多了，甚至是无限的，因而具有不确定性；即使把它说成是“未知内容的欲知部分”，这种不确定性也依然如故。而且，既然它为“未知”，因而也就无法描述或无可描述。所以，在魏发辰先生的定义之下，也就会认为不可能对任何问题做出某种客观的、可公共一致的描述的。因此，他也才会说出一个问题“已不再成为问题”；一个“问题”，对我是问题，对他却不是问题等等之类的话来。这种以不同主体作为“坐标原点”的描述，在前科学状态下曾经是屡见不鲜的，而且是难于避免的。但是作为科学术语，则当代科学术语学提出的一个基本要求是：科学术语的单义性并且能够通过它们而达到对于对象的概念作出客观的、可公共一致的描述。所以，像魏发辰先生所给出的“定义”原则上是不妥当的。

（4）在任一具体的解题活动中，所面临的具体问题的“目标状态”是确定不变的，但随着解题活动的进展，其“当前状态”却是可以随着解题活动的进展而向前推移和改变的。所谓“问题求解”，就是依据某种合法的规则，通过一系列信息提取和信息加工的手段（包括各种思维操作和实验操作的手段）和程序，不断地改变智能活动过程中的“当前状

态” S_p，使之不断地接近并最终达到“目标状态” S_t，从而实现问题求解。在这一过程中，由于 S_p 的不断推进，我们将不断地增长知识，变未知为已知。所以，在解决问题的过程中，我们就已在不断地增长知识，不是只有解决了问题才增长知识。在这里，有一点值得注意，即学生所处理的非创新性训练的练习题与科研人员所处理的科学问题，其 S_p 的情况是有重大差别的。学生所做的非创新性训练的练习题，其 S_p 对于求解问题来说往往已是充分的，只要通过适当的信息加工程序就能达到问题之求解，并且问题之答案在背景知识中也是已知的。而科学问题的 S_p 对于问题的求解来说则常常是不充分的，需要通过各种手段获得新的信息或掌握新的方法，才能达到问题之求解，因此在求解过程中将包含许多新的发现，以不断充实和改变 S_p，才能最终消除 S_p 与 S_t 的差距，而且问题的答案在背景知识中是未知的。所以，对于背景知识而言，它们的功能是不同的。学生做非创新性训练的练习题对背景知识而言，不提供新东西。而对科学问题之求解，则能对背景知识提供新东西，甚至即使没有最终“解决问题”也能提供新东西。

（5）在这里，特别值得注意的是，在解题过程中，我们改变 S_p 使之不断接近直至达到 S_t，这种“改变”不可能是任意的，而是必须遵守在问题中已经显含地或隐含地规定了某些解题规则。这些规则规定，什么样的改变是合法的，什么样的改变是不合法的。例如，有一种叫作“河内塔”（Hanoi Tower）的智力游戏，它要求人们解决某种特定的问题。它是这样的：在一块木板上有三根立柱，另有几个圆盘，按大小顺序串在一根立柱上，形成梯形。（见图 2 -1）

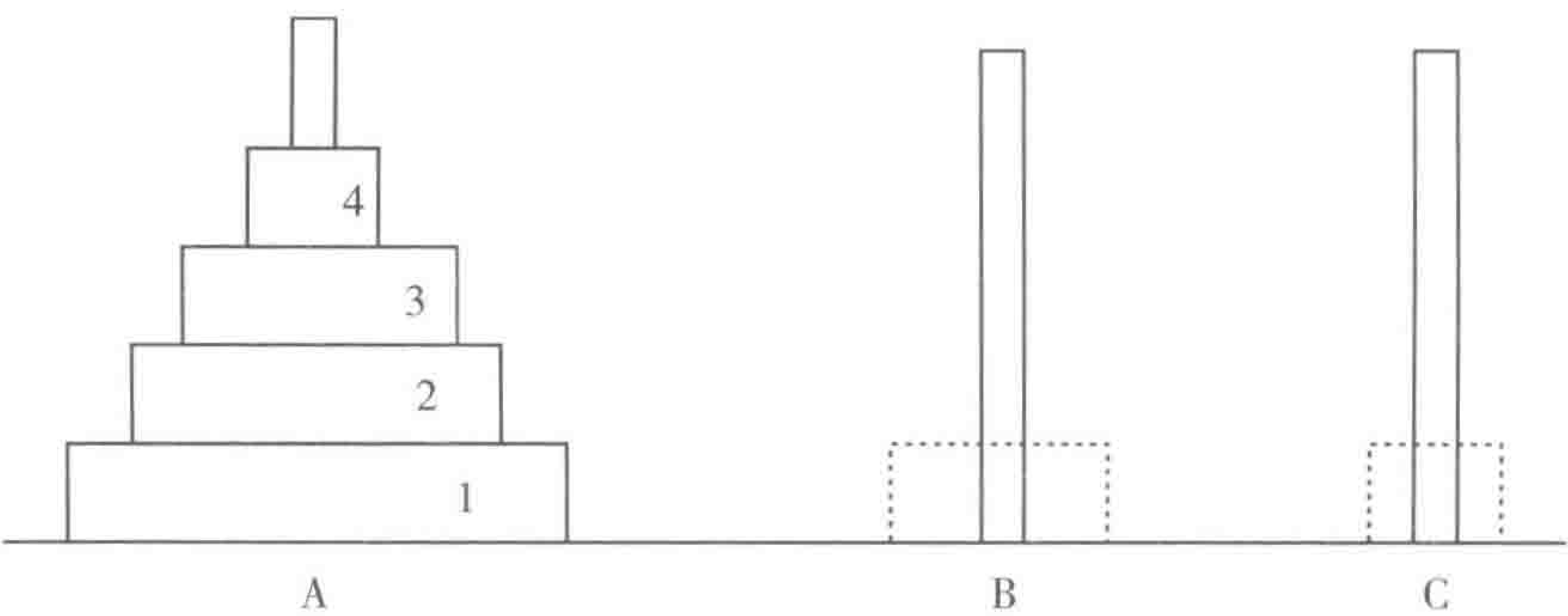


图 2 -1　河内塔问题

要求解题者只能一块一块地挪动木盘，最终把整个塔由 A 立柱移到 C 立柱上。中间的一个立柱 B 可以临时放置木盘，但每次移动都不允许把大盘放在小盘上面。一次只能移动一个圆盘，大圆盘不能放在小圆盘上面，就是问题中显含地规定了的解题规则。违反了这些规则的任何操作都是非法的。我们解决下棋的问题，也必须遵循事先规定的棋局的规则。通常，任何问题都会显含地或隐含地规定一些解题的规则。如果不满足或违反了这些规则，那么就会认为这样的解法是不合法的。这时，解题者虽然表面上实现了 $S_{pe}=S_{t}$，即表面上“解决了问题”（关于 S_{pe} 的含义见本章第四节）。但这样的“问题解决”将不被同行们所承认。因为它违反了解题的规则，因而这种问题解决只不过是一种伪解决。一般地说来，在解决科学问题或者数学问题、逻辑问题等等的时候，对于数学计算、逻辑推演或者实验过程都会要求遵循某些严格限定的规则，违反了这些规则的任何解法都是非法的，不能被承认的，而不管这些规则在问题的提法中是显含的还是隐含的。我们今后将会讲到问题的结构。解题的规则（不管是显含的还是隐含的）都将是问题结构中的重要的要素之一。

（6）我们关于“问题”的定义具有某种递归性质。因为我们可以不断地提出新的目标要求，从而提出愈来愈深入、愈来愈基本的问题，构成某种“问题序”。例如，我国汉代数学家徐岳在《数学记遗》一书中提出了一种叫作“九宫算”的数学游戏——九宫填数问题。它给出的条件（即当前状态）是一组数目字 1、2、3、4、5、6、7、8、9 和九个空格，如图 2－2 所示。

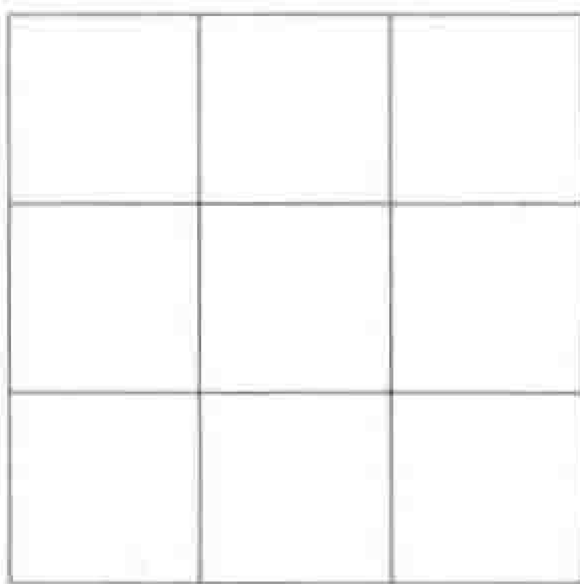


图 2－2　九宫算（一）

要求把九个数分别填入九个空格，并使所有横行、竖行、斜行上的三个数相加之和都是同一个数（即目标状态）。这显然构成了一个真正的问题，以 P_1 表示之。问题求解就是要通过不断改变它的“当前状态” S_p 并

设法消除它与“目标状态” S_t 之间的差距。于是我们可以把九个数尝试性地摆进九个空格中去。如果我们一旦偶然地获得了如图 2－3 中的放置状态，那么我们就可以认为已经解决了问题 P_1。但是当如此这般地解决了 P_1 以后，我们还可以追问：“这里有什么规则可循吗？”以 P_2 表示之。在问题 P_2 中，是以偶然地填出了如图 2－3 所示的合适的“九宫数”为“当前状态”，而把寻找填数的规则作为“目标状态”。这样，P_2 便构成了比 P_1 更为深入一步的新问题。

4	9	2
3	5	7
8	1	6

图 2－3　九宫算（二）

后来，南宋数学家杨辉在《续古摘奇算法》中给出了九宫填数的一个规则：“九子斜排，上下对易，左右相更，四维挺出。”（见图 2－4）

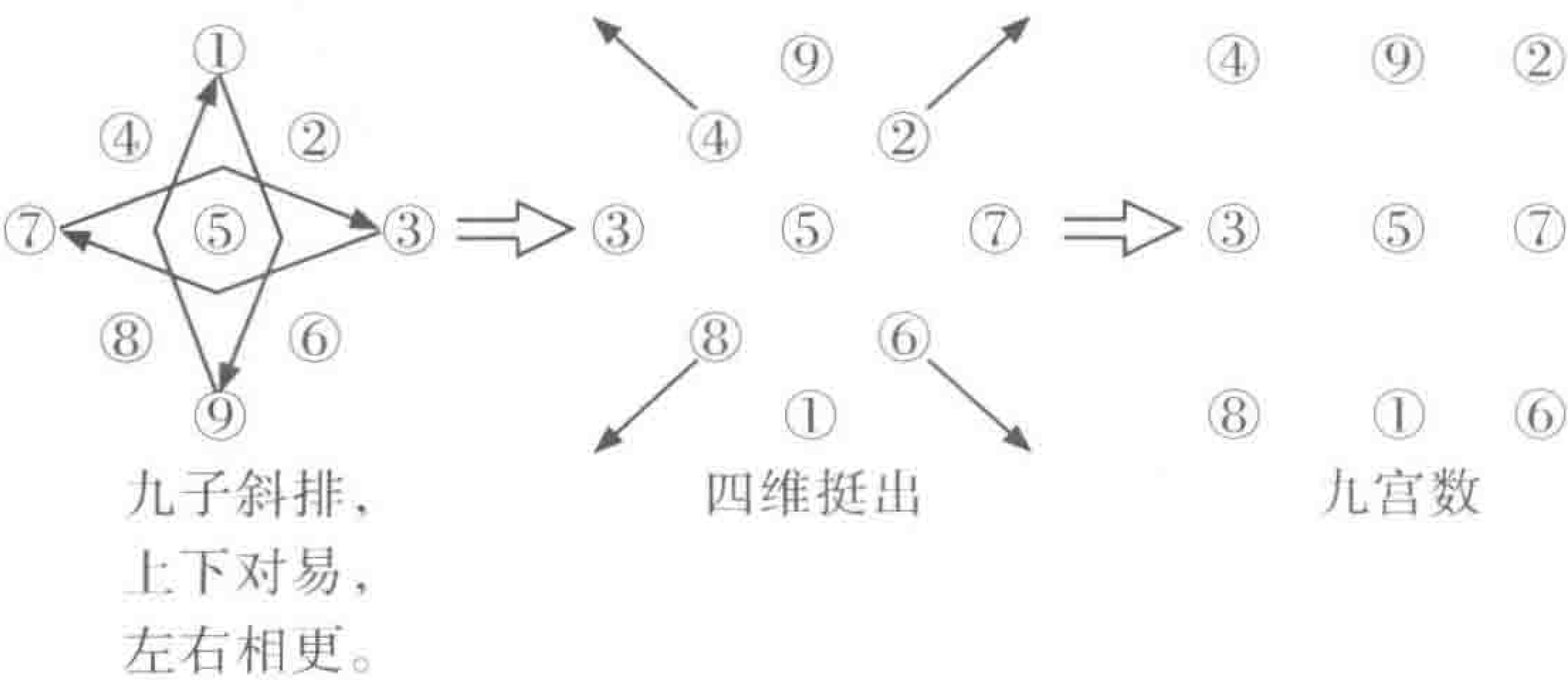


图 2－4　九宫的规则

这样就解决了新的问题 P_2。但是还可以提出进一步的目标，从而提出更加深入和基本的问题 P_3：“为什么遵循这样的规则就能解决填数问题 P_1 呢？”其目标是寻求填数规则背后的原因或理由。并且，由此还可以提出更进一步的问题 P_4：“求解 P_1 类问题存在着更一般性的规则吗？”——其

目标是探索与之类似的同一类问题的普遍性规则。因为还存在着与上述 P_1 问题不同但却类似的其他“九宫填数”问题。例如，给出的条件是1、2、3、4、5、6、7、8、9九个数字和一个由四个大圆相交叠的图形，每个大圆都穿过四个小圆，因而在这个图中总共有九个小圆（即问题的“当前状态”，如图2-5所示）：

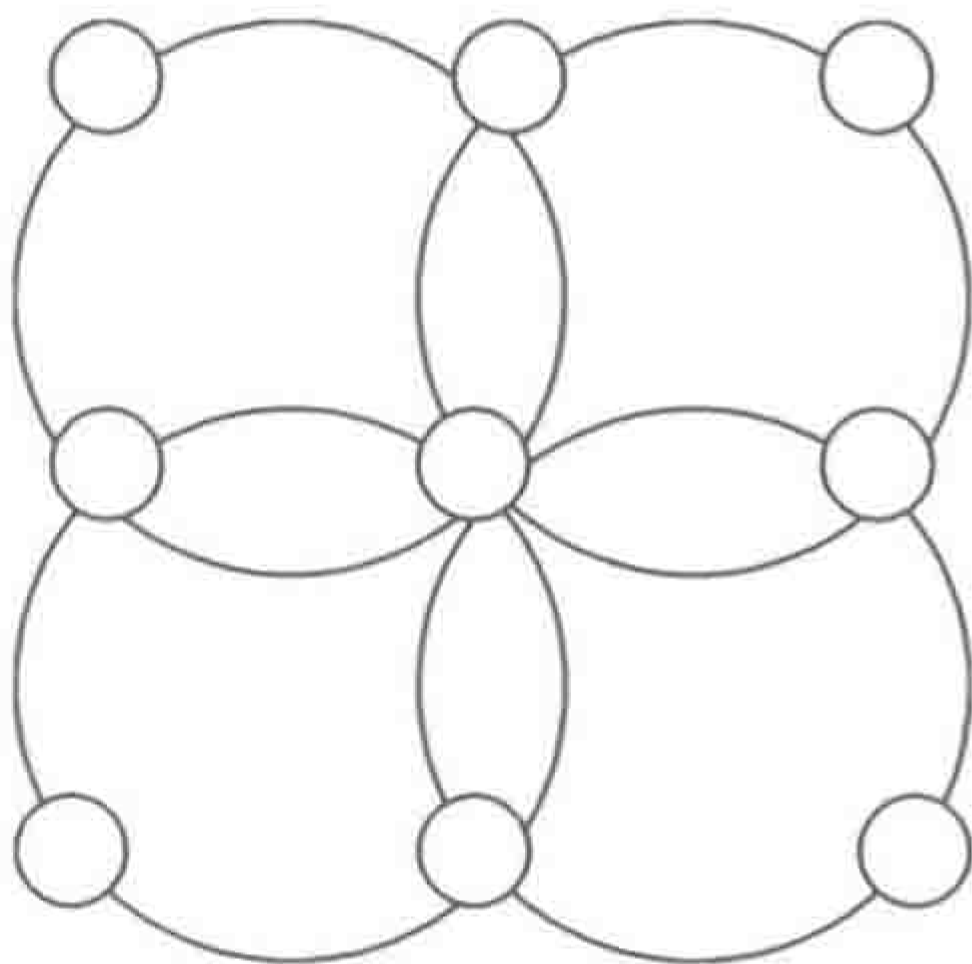


图2-5　九宫算（三）

要求把九个数分别填进图中的九个小圆中，并使每个大圆所穿越的四个小圆中的数字相加都是同一个数（即目标状态）。这就构成了类似于 P_1 的问题 P_1'。如果我们终于在九个小圆中分别填上了如图2-6所示的数字，那么我们就算解决了问题 P_1'。

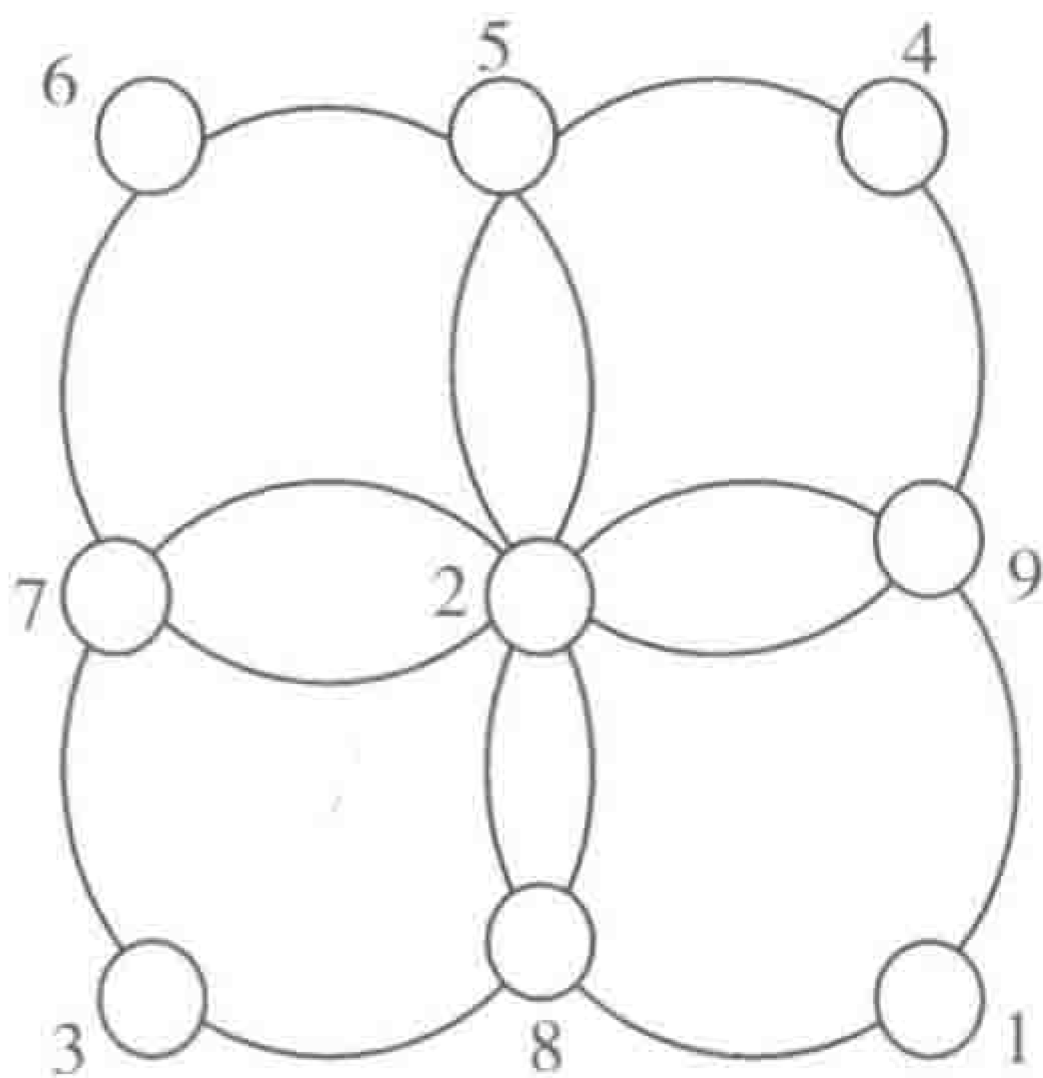


图2-6　九宫算（四）

但同样我们可以提出进一步的问题 P_2'、P_3'等等。如此继进，P_1、P_2、P_3、P_4……就构成为一个“问题序”。在这个“问题序”中，如果我们已知 P_4 的解，那么我们就能由此导出 P_3 的解，由 P_3 的解就能导出 P_2 的解，进而导出 P_1 的解。这就是“问题序”。“问题学”研究的任务之一，是应当尽可能从形式上对“问题序”的结构与逻辑做出尽量深入的研究。但十分遗憾，由于作者的能力有限，我们在本书中只能止于提出这个问题，即“问题序的结构与逻辑”的问题，但却不可能对它有任何的解决了。如果我再年轻 30 岁，也许我还会下决心去攻破这个难题。但上帝不补给我年龄，也吝啬于给我真正的健康。我怕是今生今世已无法去攻下这个难题了。

第三节　疑难和科学问题，科学问题的界定

正如我们已经指出，我们前面所给出的“问题”定义，只是描述了与一般智能活动过程相联系的最广义的问题概念。在这种定义之下，像“5 只羊加 6 只羊，一共是多少只羊？”也将是表述了一个真正的问题。但是，正如玻兰尼所曾经企图表明的那样，像这样的问题对于一个五岁左右的幼童可能成为一个“问题”，但在现代的科学背景之下，科学家们绝不会再把这样的问题当作科学研究的课题来研究。因为对他们来说（按照玻兰尼的说法），它将完全不成为“问题”。但是，如果我们既规定了前述定义，又想同意玻兰尼的说法，那将显然会陷入语义的混乱和概念的矛盾，甚至会说出“不成问题的问题”之类的语义悖论来。现实要求我们必须为构建“问题学”而制定一系列的基本概念。其中，尤其必须引进“疑难”和“科学问题”的概念以及其他相应的概念，并为之做出必要的概念澄清工作。

我们首先应当引进“疑难”一词，并把“疑难”（puzzle）一词定义为：

疑难 = df 求解的理想与智能主体当前能力的差距。

所以，如果我们以 P_u 表示疑难，以 $I(P)$ 表示对问题 P 的求解理想，以 A 表示智能主体当前的能力，则有公式

$$P_u = I(P) - A$$

当然，正如我们在前面曾引入的式子

$$P = S_t - S_p$$

一样，这里的 I(P) 和 A 如同 S_t 和 S_p 一样，都仅仅是对智能活动过程中的某种状态的描述，这种描述常常还不能量化，更不能满足四则运算或集合论运算的要求，所以我们这里引入的符号“－”仅仅是用它来简要地表示两种状态之间的差异（或差距），并不能理解作四则运算中的“减法”或集合论运算中的“集合差”的符号。

根据以上的理解，我们还可以进一步来讨论 I(P)（对问题 P 的求解理想）的意义。对一个问题 P 的求解理想，就是要消除它的当前状态 S_p 与目标状态 S_t 之间的差距。由于对任何一个确定的问题 P 来说，它的 S_t 是不变的，问题求解就是通过一系列信息提取和信息加工的手段，不断地改变 S_p，使之不断地接近直至达到 S_t 的状态。所以，若以求解过程开始以前问题所包含的“当前状态”记作 S_{po}，把求解过程终结并已解决了问题时的“当前状态”记作 S_{pe}，则实现求解的理想实际上就是意味着要使 $S_{pe} = S_t$。所以也可以把对问题 $P = S_t - S_p$ 的求解理想 I（P）表示为 $S_t - S_{pe} = 0$，或 $S_{pe} = S_t$，其中 S_{pe} 为求解过程终结时问题的“当前状态”。

疑难这个概念是用来描述给定智能活动过程中，某一特定问题 P 的求解理想 I（P）与特定智能主体的当前能力（A）的关系的。这表明，“疑难”是一个与智能主体的当前能力相关的概念。所以，并非任何问题必然构成疑难。它将依特定智能主体的当前能力为转移。某一问题 P_1，如果关于它的求解理想 I（P_1），对于某智能主体甲而言，完全是在他的当前能力（$A_{甲}$）的范围之内，那么问题 P_1 对于甲而言将不构成任何疑难；反之，如果该问题的求解理想 I（P_1）对于另一智能主体乙而言，是超出了他的当前能力（$A_{乙}$）的范围了，那么该问题 P_1 对于智能主体乙而言，将构成为一个疑难。然而，任何智能主体的能力都是可以通过学习、训练、试探性的求解等等手段而得到提高的，所以，一个问题是否会构成疑难，不但将因人而异，而且将因时而异。如果公式 $P_u = I(P) - A$ 中的这个 A，是指一定条件下的科学技术背景能力，而且问题 P 的求解理想 I（P）与这一特定历史条件下的科学技术背景能力有差距，则这一问题将构成科学疑难。如果我们以 Bs（t）表示 t 时刻的科学技术背景能力，以 P_{us} 表示科学疑难，则有公式

$$P_{us} = I(P) - Bs(t)$$

并且 $I(P) - Bs(t) \neq 0$。科学疑难 P_{us} 反映问题 P 的求解理想 I（P）与当前

科学技术背景能力（或t时的科学技术背景能力）之间的差距。由于在任何特定条件下，任何特定问题的求解理想，以及任何特定智能主体的当前能力，或者某一特定时刻（t时）的科学技术背景能力，都是可以做出客观描述的，因而“疑难”或者“科学疑难”，或者更准确地说，任一问题对于任一智能主体或者科学技术背景所构成的“疑难”或者“科学疑难”，都是具有客观的可公共描述性的，并不会因描述主体的不同而不同。

关于“疑难”和“科学疑难”这些概念，我们还应当作如下进一步的讨论：

（1）按照我们的定义，疑难是求解的理想与智能主体当前能力的差距，或 $P_u = I(P) - A$。因此，“疑难”仍然是一种“问题”，它可以划归为“问题”。如果我们把“求解的理想”I（P）看作是智能活动过程中的某种“目标状态”（它的目标就是使 $S_{pe} = S_t$），而把“智能主体的当前能力”看作是智能活动过程中的“当前状态”，那么任何“疑难”就都可归化在“问题”的定义之下。所以，“疑难”将是“问题”这个大类中具有特殊性质的一个子类。只不过在“疑难”这个子类中，其 $S_t = I(P)$，而 $S_p = A$。所以，如果以 P 表示“问题”，以 P_u 表示“疑难”，则有 $P_u \subset P$。但是，必须注意，尽管我们指出了“疑难”可以归化为“问题”，因而“疑难”也是一种“问题”，然而，某一具体问题 P_1 对于某智能主体构成了疑难 P_{u1}，这里的 P_1 和 P_{u1} 本身却又是不同的。因为两者的当前状态和目标状态都是不同的。“疑难” P_{u1} 所反映的已不是问题 P_1 本身原有的那种被描述了的当前状态与目标状态的差距，而是反映着该智能主体的当前能力与对问题 P_1 的求解理想 I（P）之间的差距。所以 P_1 和 P_{u1} 的具体内容和表述方式都将不同。求解问题 P_{u1}，是要通过提高智能主体的当前能力（A）的方式来解决的。因为如果问题 P_1 既定，那么 P_1 的目标状态 S_t 就是确定不变的，因而关于求解 P_1 的理想 I（P）也是不变的，因为这个 I（P）就是要使 $S_{pe} = S_t$ 罢了。因此，要消解疑难 P_{u1}（或消除 I（P_1）与智能主体的当前能力 A 之间的差距），就只能通过提高智能主体的能力 A 的方式来解决。正如解决 P_1 只能通过改变它的 S_p 的方式来解决一样。

以上关于“疑难” P_u 的讨论，也完全适合于对“科学疑难”的理解。只是对于“科学疑难” P_{us} 而言，它的目标状态仍然是 I（P），但是

它的“当前状态”却是“当前（或t时）的科学技术背景能力”。即对于P_{us}作为一个“问题”而言，它的S_t = I（P），而S_p = Bs（t），而且Bs（t）与I（P）之间存在差距。故$P_{us} \subset P$同样成立。

（2）“疑难”（P_u）所描述的乃是某一特定问题的求解理想与智能主体的当前能力的关系，由此就会引出对任一问题P在特定背景下所具有的“难度”（degree of difficulty）的估量问题。由于所涉及的智能主体的性质不同，任一问题的难度D可作两种描述，分别记作D[Bs(t)，P]和D[b(t)，P]。其中Bs（t）表示t时的科学技术经济背景能力，b（t）表示t时解题者（个人或小组）的能力。D[Bs(t)，P]表示问题P相对于当前（t时）科学技术经济背景能力所构成的难度；D[b(t)，P]表示问题P相对于解题者（如课题组）的当前能力所构成的难度。问题的这两种难度原则上都是可以做出相对客观描述的。实际上，在任何一项科研课题的“开题报告”及其评审活动中，都会要求对三个方面的内容做出描述和掂量，这就是：①对于课题P的当前状态S_p和目标状态S_t做出尽可能详尽而清晰的描述；②对于D[Bs(t)，P]，即课题P相对于当前科学技术背景能力所构成的难度做出描述和评价；③对于D[b(t)，P]，即课题P相对于欲承担该课题的研究小组（或个人）的当前能力所构成的难度做出描述和评价。但是，问题在于：正如在科学哲学中，已经能够对科学理论的优劣提出某种一般性的评价准则和评价理论，那么，对于“问题的难度”而言，能否提出一般性的评价准则和评价理论呢？具体地对某一项研究课题的难度做出评价，这是科学家或科学管理人员的科学活动或科学管理活动，但提出并研究科学问题的难度评价的一般准则和具有普遍意义的评价模式或理论，则是科学哲学的任务，具体说来，则是作为科学哲学的一个分支学科的“问题学”的研究任务。“问题的难度评价”涉及非常复杂的问题，我们将另行作出讨论。在这里，我们把这个重要的问题预先摆到读者们的面前，以引起有兴趣的学者们的注意。

（3）所谓科学探索性问题，原则上应当是既具有D[b(t)，P]值，又具有D[Bs(t)，P]值的问题。如果一个问题，它仅仅具有D[b(t)，P]值，而不具有D[Bs(t)，P]值[①]，那么，对于这类问题我们

① 由于D[Bs(t)，P]值能否作数值表示，目前尚成疑问，故我们宁说不具有D[Bs(t)，P]值，而不说D[Bs(t)，P] =0。

只应当把它称作“知识性问题”，对于它们的求解，一般说来是只应通过学习和掌握已有的科学技术背景知识的方式来解决的。如果一个科学家或科学家小组，选择了一个仅仅对他们来说具有 D[b(t)，P] 值，但却不具有D[Bs(t)，P]值的问题来进行研究，那么原则上就应被视为选题不当，除非为解决该问题的已有知识和技术被人家保密，而我们又迫切地需要解决该问题，才应当继续当作“科学问题”来予以研究。一般说来，除了这种特殊的情况以外，在科学研究中，仅仅由于闭目塞听，没有做好情报资料工作，把背景知识中已经解决了的问题当作科学中的新问题来研究，这是应当极力予以避免的。解决这类问题，只应当当作学习和掌握背景知识的过程。通常，学生在教学和训练中所做的“习题”，都是对于一定类型的学生来说，具有一定的 D[b(t)，P] 值，但却不具有 D[Bs(t)，P] 值的问题。对学生进行考试或考查，要求对题目有一定的难度分布，实际上就是指试卷中的试题，它们的 D[b(t)，P] 值要有某种合理的分布。而具有 D[Bs(t)，P] 值的科学探索性问题（这里不包含数学问题和逻辑问题），正如我们所曾经指出，它的 S_p 对于求解问题来说，则常常是不充分的，须要通过必要的信息提取和信息加工的手段，在研究过程中不断地充实和改变 S_p，最终使得 $S_{pe}=S_t$，才算解决了问题。所以，对于这类科学问题的解决，势必包含或多或少的新发现。当然，在任何一项科学研究中，既要解决某些具有 D[Bs(t)，P] 值的问题，也势必要解决大量的仅仅具有 D[b(t)，P] 值那种性质的“知识性问题”。因为离开了后一类问题的解决，任何科学问题都是不可能解决的。因此，科学工作者应当尽可能熟练地掌握相关的科学技术背景知识，才有利于解决科学问题。

（4）科学家们往往十分重视提出问题的重要性，把是否善于提出问题看作是科学工作者科学训练方面的一种最重要的能力素养。诺贝尔奖奖金获得者、著名的物理学家费米曾经强调指出：作为一个学生要会解答习题，但是作为一个研究工作者则要会提出问题[①]。而爱因斯坦则更明确地指出：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅仅是一个数学上或实验上的技能而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧的问题，却需要创造性的想象力，而且标志着科学

① 杨政宁：《回忆我的导师费米》。

的真正进步。”[①] 科学家们以如此方式加以强调的问题，主要是指应具有D[Bs(t)，P]值的科学探索性问题。提出那种仅仅具有D[b(t)，P]值的“知识性问题”，可以产生于对背景知识的无知，而不一定产生于对背景知识的分析。一个无知的幼童都可能提出许许多多使他疑惑不解的问题来。当然，即使提出仅仅具有D[b(t)，P]值的问题，也会存在深度上的巨大差异，因为这个D值是相对于主体能力b（t）而言的。一个差等生会向老师和同学提出种种肤浅的问题，这反映他对所学知识掌握得不好，他当时的b（t）值很低。相反，那些学习得好的并且富有创造力的学生，也会通过对所学知识的分析而提出较深刻的令他不解的问题。这样提出的问题反映他的b（t）值高，并且善于动脑筋。只有通过对知识的深入分析才能提出好的问题，“善思”才能“善疑”。真正地说来，在学习中是否“善疑”，可以看作是一个学生学习成绩好坏的最重要的标志。一个学习科学的大学生，在学完了一门课程或阅读了一本科学教科书以后，如果提不出任何一个有分析的问题，那么只能说明他对知识钻研得不深，而且表明他缺乏科学研究所必备的创造性思维能力。反之，学会善于通过对所学知识的深入分析而提出深入的问题，也就成了学生进行科学研究和创造性思维的重要的能力训练。而要提出一个具有D[Bs(t)，P]值的问题并明确地认识到它是具有这一性质的问题，则需要科学家广泛掌握有关这一问题的深入的科学技术背景知识，并且它本身就将构成一项科学中的发现（发现科学中的“新问题”）。这类问题的提出，必须基于对科学背景知识的分析；它不但从对当前科学背景知识的分析中发现出某种值得追求的目标（目标状态），而当前的科学背景知识中的实际情况（当前状态）离这个所追求的目标还有一定的差距，而且还反映出当前的科学技术背景能力与求解这个问题的理想之间存在着一定的差距。通常，并不是提出任何一个具有D[Bs(t)，P]值的问题就会使它具有作为“科学探索性问题”的那种巨大的价值。其中的关键是在于要能从科学背景知识的分析中清晰而明确地发现某种值得追求的具体目标（即提出清晰表达的有价值的问题）并认识到所提出的问题具有D[Bs(t)，P]值这一性质。任何一个好奇的幼童都可能向他的爸爸、妈妈提出这样的问题：“夜晚的天空为什么这样黑暗？”孩子提出这样的问题固然是值得欢迎的，因

① 爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，上海科学技术出版社1962年版，第59页。

为这反映出孩子追索问题的强烈的好奇心。但这样提出的问题并不足以使它具有“科学探索性问题”那样的巨大的科学价值。但奥尔伯斯通过对科学背景知识的分析而提出同样的问题，明确而清晰地揭示出“夜晚的天空为什么这样黑暗”这个问题在当时的科学背景知识中并未得到合理的解释，因而它具有 D[Bs(t)，P] 值，从而提出著名的“奥尔伯斯佯谬”，它的科学价值就完全不同了。

当然，这里又引发了一个问题，即在第一章中已经涉及的“问题”的价值评价问题，特别是“科学问题”的价值评价问题。这将是一个涉及面非常广泛而复杂的问题，“问题学”理论理应探讨这个问题。我们在往后的章节里将对它做出试探性的初步讨论。而在这里，我们又只得止于“提出问题”为止。

(5) 为了进一步理解问题的难度 D[Bs(t)，P] 和 D[b(t)，P]，我们还需要引进两个与问题结构有关的重要概念：目标约束和条件约束。

我们已经指出，问题的目标或曰问题的求解理想 I（P）就是要使 $S_{pe}=S_t$，S_{pe}是一个改变 S_p 的动态过程的最终结果，所以求解的理想或问题的目标最终是取决于问题的目标状态 S_t 的。在对问题 P 的目标状态 S_t 描述中，通常会有许多附加的约束，这种约束影响问题的难度。例如，我们打靶，设定一个标的，它由许多个同心圆组成。如果子弹没有落入最大的同心圆的范围之内，就是没有射中目标，只能得零分。如果子弹落入了最大的同心圆范围之内了，就算打中了目标，至少可得 1 环；如果子弹落进了那个最小的同心圆之内，则可得 10 环。现在如果作为“打靶问题”，一共打十发子弹，但我们只是要求每发子弹都命中目标，这个问题的难度就要相对小些。但如果要求每发子弹都必须命中 5 环以上，这个困难就大大地增加。如果进一步要求每发子弹都命中 10 环，这个困难就简直会大得不可思议了。又如，上述的解决河内塔问题，如果我们对解题的时间一点不加限制，那么解决河内塔问题几乎是没有什么困难的。但是如果我们限定要在 3 分钟内解决，那困难就比较大了。限定的时间愈短，困难就愈大。同样，在解决各种科学问题的时候，也可能附加许多目标约束，如创新性要求、先进性要求、精度要求等等。目标约束的增加或修改会增加或改变问题的目标状态，从而也会增加或改变问题的难度。应当指出：增加或改变问题的目标约束，就意味着部分地改变了问题的目标状态，从而也就意味着部分地改变了问题本身。

在问题的提法中，除了有目标约束，通常还会有条件约束。条件约束的陈述，通常可分两类。一类是属于解题规则的。例如，在解决各种工程技术问题时，必须遵循各种法律和法规，包括环境保护、国家所规定的各种质量标准和安全标准等等。也有一些是上级的政策和指令性的。例如20世纪50年代在讨论三峡工程的方案时，最初提出的方案都要淹没重庆或淹没重庆的大部分。这时，周恩来提出政策性的指示：一定要保住重庆。这就成了往后提出方案时必须遵循的“解题规则”了。另一类条件约束则是属于问题的“当前状态”方面的。例如，当我们考虑选择某个科研课题时，必须估计为解决这个课题在资金、资料、技术、课题组目前的能力等方面面临的困难等等。这些困难正是有待于我们在解题过程中去解决的，它们与在解题过程中不得违反的“解题规则”有原则的不同。但它们也属于问题提法中的一些要素，具体说来，是属于问题的“当前状态”中的一些要素。

问题的目标约束和条件约束都将影响到“问题的难度” D[Bs(t)，P]和D[b(t)，P]。

（6）解决一个问题P以及解决由此引起的疑难 P_u，实际上是在解决同一问题过程中的两个不同方面，解决问题P是要以解决 P_u 为条件的。但在解决问题的过程中，两者不必一定是同步的。它既可以是先解决 P_u，即通过提高能力A来消除它与I（P）之间的差距，然后再去解决问题P本身，即使得 $S_{pe}=S_t$；但也可以是在求解P的过程中逐步提高主体能力A而消除 P_u。一般地说来，如果一个问题P仅仅具有D[b(t)，P]值而不具有D[Bs(t)，P]值，则解题者有可能事先通过学习和掌握背景知识和技能，来提高自身的能力A = b（t），消除 P_u，然后再来着手解决P本身，即最终使得 $S_{pe}=S_t$，并且用这种方式来解题，通常会是比较快捷而有效的。所以，从教育学的角度看，应当要求学生事先进行复习，消化好所学的知识，然后才去解题（做练习）。但是如果面对一个问题P，它不仅具有D[b(t)，P]值而且具有D[Bs(t)，P]值，则由于由P所构成的疑难 P_u 将同时反映问题P的求解理想I（P）与当前科学技术背景能力A = Bs（t）的差距，即这个 P_u 同时具有科学疑难 P_{us} 的性质，因而通常就不可能按前一种方式来解决P，因为Bs（t）并不具有相应的现实能力来消除它与I（P）之间的差距。在这种情况下，我们必须在试探性地求解P的过程中，不断地来提高自身的能力A［它既是提高b（t），同时也必

须是提高了 Bs（t）］的方式以逐步消解疑难 P_u 和 P_{us}，并通过消解 P_u 和 P_{us}的方式来最终解决 P 本身，即最终实现使 $S_{pe}=S_t$ 这个目标。在这里，解题的真正关键是通过提高能力 A 来解决 P_u 和 P_{us}。事实上，科学家们在解决任一科学探索性问题的时候，总是以提高自身能力和科学技术背景能力（由知识、技术、仪器、方法等因素所显示的能力）的方式，来设法消除由问题 P 所构成的疑难 P_u，从而最终消除由 P 本身所表明的给定智能活动过程的当前状态 S_p 和所要求的目标状态 S_t 之间的差距，即解决问题 P 本身的。

（7）原则上，我们应当把科学家所要解决的"科学问题" P_s，看作是两方面的要素之和：一方面是具有 D[Bs(t)，P] 值这种性质的问题本身（为方便，我们姑且约定性地称之为"科学探索性问题"，记作 P_{se}）；另一方面，则是由 P_{se}所引发的"科学疑难" P_{us}。P_{se}描述 S_t 与 S_p 的差距，并以 $S_{pe}=S_t$ 为其结果，即若达到了 $S_{pe}=S_t$，则问题 P_{se}就算被解决了。而 P_{us}则是表明求解问题 P_{se}的理想 I（P_{se}）与当前科学技术背景能力之间的差距，它需要通过提高 Bs（t）的方式才能予以解决。如果不太计较语言表达的准确性，我们也许可以把 P_{us}约略地表述为"如何来解决问题 P_{se}呢?"其中隐含着当前能力与解题理想的差距。而对于 P_s与 P_{se}的名称也可以不必予以区分，笼统地都把它们叫作"科学问题"也未尝不可。P_{us}与 P_{se}虽然不同，但又密切相关。科学家必须通过提高科学技术背景能力（知识、技术、方法、仪器等因素所显示的能力）才能消除疑难 P_{us}，从而解决 P_{se}。从某种意义上，P_{us}是比 P_{se}本身更深入的问题。因为解决 P_{us}是解决 P_{se}的必由之路；它不但意味着智能主体为解决 P_{se}所需的一般能力的提高，而且要求提供解决 P_{se}的方法和程序。这涉及对科研成果的评价。在科研成果的评价活动中，对于有些类型的科学问题之解决，我们可能会仅仅要求它提供出某个解 S。当这个解显示出 $S_{pe}=S_t$ 时，我们就认为该问题被解决了，即我们只关注 P_{se}的解是否合适。例如，对于提出某种科学假说，我们可以仅仅就假说本身是否解决了原问题 P_{se}来进行评价，不必追问此假说是怎样获得的，也不必以提供获得假说的方法和程序等作为评价成果或是否解决了相应的科学问题的必要条件。而在另一些科研成果的评价活动中，如在涉及科学理论的检验问题、技术问题、逻辑演绎性质的问题（包括数学问题）的科研成果的评价活动中，则仅仅提供它的最终状态 $S_{pe}=S_t$ 是不够的，还必须提供出为解决 P_{se}所采取的相应的方法、

程序和手段，这些方法、程序必须是合理的、可重复检验的，所采取的手段必须是可靠的。至少，从解题的规则的角度上看，这些方法、程序和手段是合法的。也就是说，在评价这类科研成果的时候，不但要看它是否提供了 P_{se} 的解，而且还必须提供解法和手段，即提供 P_{us} 的解（即科学家必须提供他是采取了什么方法、程序和手段，来解决 P_{se} 的），然后科学共同体才可能来评价解题者是否已经解决了相应的科学问题 P_s（包括 P_{se} 本身）。因此，在该过程中所提供的为解决 P_{se} 而采用的方法、程序、手段（而不仅仅是关于 P_{se} 的最终结果），无疑成了评价科研成果的重要的组成部分。在某些研究成果（如技术性问题的研究成果）的评价中，为达到最终结果 $S_{pe} = S_t$ 所采用的方法、程序和手段甚至成为成果评价中所关注的最主要的对象。虽然，在解决技术性问题的成果公布时，往往由于利益上的原因，使得为解决 P_{se} 所采取的那些方法、程序、手段成了被保守的秘密，而仅仅向外界宣布解决 P_{se} 的结果，但这已是另一回事了。在有些情况下，一项研究，它的原问题 P_{se} 并未获得解决，但如果它在解决相应的 P_{us} 方面获得了重大进展，就可能被视为取得了重大成果。原因就在于它为提高科学的背景能力 Bs（t）做出了贡献。

第四节 由“科学问题”引向“科学目标”

如果接受我们在上面几节中关于“问题”、“科学问题”的概念分析，同意我们关于“问题”的定义，即问题 = df 给定智能活动过程中的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距。那就意味着，当我们谈及“问题”时，总是预设了智能主体的某种目标状态的。当我们强调“科学研究始于问题，并且问题指导研究，推动研究，科学的历史就是它所研究的问题不断展开和深化的历史”的时候，就是预设了科学活动总是目标导向的。在这个方向上继续深追下去，就不可避免地要问及科学的总目标是什么？在不同的历史时代，不同的科学家，对于科学的这个“总目标”的理解可能各不一样，甚至未曾去深入思考这个“总目标”究竟是什么，但在他们实际的科学活动中，却要以这些目标作为潜在的预设，从分析他们所处的各该时代的具体的科学背景知识中提出他们的具体的问题（指科学探索性问题，下同），在他们所提出的具体问题中设定了他们所要求达到的具体目标。而这些具体目标的实现就成了科学向着其总目标前进之

路上留下的无数脚印和大大小小的里程碑，从而推动了或实现了科学的进步。

所以，从“问题学”的角度上，我们将不可避免地要探求“科学目标”这个问题。因为当我们探问何谓“科学问题”，科学中为什么会产生“问题”，以及科学中在什么条件下会产生“问题”等等的时候，都不得不去追问科学中关于“目标”的预设。在更一般的意义上，“科学目标”甚至是科学哲学（不仅是“问题学”）中的一个不可回避的基本概念。因为我们谈论科学的方法，无非是实现目标的手段；我们谈论科学的进步，也无非是谈论科学在向着它的目标前进或接近。“进步”总是一个与“目标”相联系的概念；进步或进化只可以被理解为向着目标的前进或接近，布朗运动是谈不上进步的。进一步说来，如果我们想拒绝相对主义，那么，我们还必须假定科学有着它自身的客观的持之以恒的目标。因为如果科学没有客观的可公共描述的目标，它仅仅依不同科学家的不同理解为转移（我们不否认不同科学家对科学目标的主观理解会是各不相同的），那么我们就不可能客观地、可公共一致地来描述科学的进步；同样地，如果在不同的历史时期，科学并没有持之以恒的共同的目标或总目标，科学的目标仅仅是随着历史的变化而变化的，那么我们也就至多能够相对于某个历史时期的目标谈论科学有进步，而不可能从整体上谈论科学在历史上有进步。因为“进步总是相对于某种目的的进步”①。

然而，科学的目标究竟是什么？劳丹的“科学进步的解决问题模型”告诉我们，科学的目标是“解决问题”，或者“科学的目的是获得具有高度解决问题效力的理论”②。但是，如果我们在本书前面的章节中的分析是正确的，那么劳丹的这个论点就不能成立。因为按照我们的分析，“问题”本身只是一个派生的概念；如果我们试图对“问题”概念有一个清晰的界定，它本身必须依赖于目标概念。如果我们同意劳丹的意见，科学的目标是解决问题，而“问题”又是给定智能活动过程中的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距，那么势必陷入概念的循环，既说不清“问题”是什么，也说不清“科学的目标”是什么。在劳丹那里，“问题”概念从来是十分模糊的，所以他关于“科学的目标是解决问题”

---

① 劳丹：《科学与价值》，福建人民出版社 1989 年版，第 86 页。
② 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1989 年第 1 期。

的说法归根结底也是十分模糊的。由于他的以“科学的目标是解决问题”为核心观念的“科学进步的解决问题模型”存在着太多的毛病，所以他在1984年出版的《科学与价值》一书中就放弃了“科学进步的解决问题模型”，转而主张“网状模型”，认为科学的目标在历史上是变化着的，“并没有哪一组目的是唯一适当的”[①]。但劳丹既然一方面强调“进步总是相对于某种目的的进步”，另一方面却又强调科学的目标在历史上只是变化着的，并没有可概括出来的持之以恒的一贯的目标，那么，劳丹的这些观念必然使他陷入他自身不愿陷入的相对主义的泥潭之中。劳丹的“网状模型”的致命伤就在这里。由于劳丹的“网上模型”并不直接关涉问题学理论，且我们在别处已对它作过批判[②]，因而我们在本书中不再予以详细讨论。

但是，科学的目标究竟是什么呢？这确实是一个十分重要而又复杂的问题。我们将在下一章中花费较多的笔墨来予以详细的讨论。

---

① 劳丹《科学与价值》，福建人民出版社1989年版，第86页。
② 参见林定夷《科学的进步与科学目标》，浙江人民出版社1990年版。

第三章　科学的目标，科学进步的三要素目标模型

第一节　科学进步与科学目标

为什么要讨论科学目标问题？这是一个涉及面十分广泛的问题，首先是一个与科学进步密切相关的问题。

对于一般人来说，科学进步问题似乎是些不言而喻的问题。但真正深究起来，科学进步问题却涉及许多最深刻的哲学问题，以至于即使当代最伟大的科学哲学家也都无不为未能合理地说明这些问题而苦恼，它成了当今科学哲学面临的公认的难题。

然而科学进步的讨论又具有极大的方法论价值，它既涉及科学理论的检验，又涉及科学理论的评价以及其他一系列方法论准则的理解，因此，从近代以来，特别是从20世纪以来，科学进步问题乃成为科学哲学所讨论的中心问题。举世瞩目的波普尔主义的科学哲学理论可以说就是以讨论科学的进步（或“知识的进步与增长”）问题为其主要线索和基本内容的。波普尔曾经强调：知识增长的问题，乃是“认识论的最重要、最激动人心的问题”[①]，并且认为，“认识论的中心问题从来是，现在仍然是知识增长的问题。而研究知识增长的最好方法是研究科学知识的增长”[②]。在波普尔看来，“几乎所有传统知识论的问题都是和知识增长问题相联系的”[③]，“而科学知识增长是知识增长的最重要、最有趣的实例”[④]。因此，在波普尔看来，应当把讨论科学知识的增长或科学进步的问题看作是哲学

① 卡尔·波普尔：《科学发现的逻辑》英译本，第一版序言（1959）。

② 同上。

③ 同上。

④ 同上。

或认识论的中心问题，也就不足为奇了。自波普尔以来，各派科学哲学家（库恩、拉卡托斯、劳丹等）都自觉地把科学进步问题作为自己的科学哲学研究所要解决的中心课题。

尽管从近代以来，特别是从20世纪以来，各派科学哲学家在科学进步的研究上已有了长足的进展，但情况似乎表明，在这个问题上愈是深入，它就表现得愈加艰深，所遇到的困难也愈大。迄今，各派科学哲学家为了理解科学的进步，已提出了关于科学进步的种种不同的模型，如逻辑实证论者的“累积进步模型”；实在论者的，特别是著名的波普尔主义的“逼近真理模型”、库恩的“范式变革”模型和劳丹“科学进步的解决问题模型”；等等。但所有这些模型都仍然存在着较大的困难。逻辑实证论的“累积进步模型”已受到了国际科学哲学界的广泛的批评，波普尔曾经把“累积进步模型”看作是关于知识增长的“最粗糙、最错误的模型”[①]。特别是通过历史主义学派的批判，“累积进步”已被各派科学哲学家几乎一致地认为是应予摒弃的一种理论。库恩的“范式变革”理论曾经产生过广泛的影响，但也受到了严厉的批评和指责。拉卡托斯指责说：库恩的概念框架，即认为科学发展是按照“前科学”→“常规科学”→“危机”→“科学革命”→“新的常规科学”发展的那种模式，充其量是描述性的，而不是规范性的，而且作为对科学史的描述也是十分成问题的。图尔敏反驳道：“常规科学和科学革命的区别能成立吗?”他讥讽库恩承认“微型革命”。波普尔虽然很有限度的承认，作为对科学史现象的描述，库恩意义下的那种“常规科学”是存在的；但波普尔强调指出，像库恩那样正面地来肯定这种“常规”研究却是危险的，因为这种“常规”研究缺乏批判性，接受“教条统治”。波普尔还指出，即使作为对科学史的描述，库恩的框架也是成问题的。“……我相信，当库恩说他所称的‘常规’科学是合乎常规的，他是错了。”[②] 各派科学哲学家尤其指责库恩关于不同范式不可比，它们之间不可通约，不能在客观意义上说一种科学理论或范式比另一种更好，科学家从信仰一种范式转变到信仰另一种不同的范式，这仅仅如同“宗教的皈依”，不可能有任何客观的合理性的

① 波普尔：《科学发现的逻辑》英译本，第一版序言（1959）。

② 波普尔：《常规科学及其危险》，见伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社1987年版，第66页。

标准等的理论。指出库恩的这套理论实际上是陷入了相对主义和非理性主义。波普尔和拉卡托斯尤其指责库恩的这套理论的背后实际上是暴民心理学（mob psychology），在这种描述之下，科学家评价和选择理论的尺度仅仅是一种暴民准则（mob rule），而库恩实际上是在捍卫这种暴民准则。库恩面对着来自各方面的这些批评，尽管作了种种辩解，但也不得不承认，“当前暴露的一些不足之处也说明我的观点的核心之处有点问题”[①]，并且也不得不承认他的理论的核心概念“范式”（paradigm 又译作“规范”）是含混不清的。“我同意玛斯特曼女士对《科学革命的结构》一书中‘范式’的看法：范式的中心是它的哲学方面，但它又显得十分含混。”[②] 而且，至少直至20世纪80年代以前，库恩的许多辩解也仍然显得软弱无力。例如，他辩解说，他的理论不仅是描述性的，而且也是规范性的，只不过“描述的和规范的部分总是搅在一起”。但这种辩解并不能使他摆脱困境，即使通常最能对库恩的理论示以同情和理解的美国科学哲学家费亚阿本德也不得不指出：库恩的论述，究竟是描述的，还是规范的，库恩的著作对此并未给出直接的答案，“它们是模棱两可的”[③]。但如果它是描述的，则这项工作的唯一目的只是要报告所描述的情况，“这在过去倒是真的”。但并不意味着所报告的那些特征是值得仿照的，因而它作为科学哲学或方法论理论就无特殊的价值；而如果它是规范性的，即它给我们开出方法论的处方，告诉科学家应如何进行研究，则由于库恩理论的特征，“常规科学”只允许唯一的规范统治，任何对于当时占统治地位的“范式”的批判，它都要予以禁绝。那又势必要导致波普尔所曾经指出过的“危险”，费亚阿本德也不无遗憾地，甚至带有点辛辣地指出了库恩理论带来的危险恶果。他报告说：“社会科学家（不止一位）向我指出，现在他终于学会了如何把自己的领域变成一门‘科学’，当然他所说的是他已经学会了如何改进它。按照这些人所说的，处方就是要限制批判，把那些内容丰富充实的理论的数目减少为一个，就是要创造一种常规科学。它使这一个理论成为自己的范式。学生必须避免沿不同的途径去思

① 库恩：《对批评的答复》，见伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社1987年版，第313页。

② 同上书，第315页。

③ 费亚阿本德：《对专家的安慰》，见伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社1987年版，第270页。

索，必须把那些最不安分的同事制住，让他们‘去做严肃的工作’。”[①] 更严重的问题还在于：尽管库恩宣称他并不是非理性主义的，并且承认科学有进步可言，但是按照他的相对主义的思路，实际上他只能承认科学理论在历史上有变化，但却不能承认科学可以在历史上在真正的意义上有进步。谈论科学的进步，对于他的那套理论来说，简直就成了难以逾越的障碍。在各种批评和诘难的面前，他不得不承认：“科学家怎么能在竞争的理论之间进行选择呢？我们又何以理解科学进步的那种方式呢？……对这些问题，我不理解……的东西是太多了。”[②] 他强调：“我们必须解释为什么科学（健全知识最可靠的典范）会如它这样地进步。”并且他还强调：为此，“首要的是，我们必须弄清楚科学事实上是如何进步的（即对科学进步的实况做出描述）”[③]。但是，他最终不得不遗憾地承认：“令人惊讶的是，对如何回答这个描述性问题我们竟然一无所知。还需要进行大量周到的经验性研究。”[④] 库恩在列举了一大堆的难解之题以后总结说：“除非我们能回答更多的像这样一类的问题，我们才能完全弄清楚科学进步是什么，因而才能满怀希望地解释清楚科学进步。”[⑤] 由于库恩在以其名著《科学革命的结构》一书中所代表的观念包含有太多的严重的问题，所以到了 20 世纪 80 年代以后，他就放弃了他原来所主张的不同规范不可通约等等许多极端的主张，甚至不再愿以使用“规范”一词，退缩到认为不同理论之间不可能做到“保真翻译”。但如此一来，他的理论也就显得比较平庸。迄今为止，实在论的“逼近真理模型”（尽管它有各种不同的变种），无论在西方和东方，都还有着最广泛的影响，但是它也受到了包括库恩、劳丹在内的一批科学哲学家的尖锐批判，作者也曾在自己的著作和论文中参与到了这一批判的行列。劳丹的“科学进步的解决问题的模型”看来是一种引人注目的新型模型，它既汲取了包括波普尔、拉卡托斯、库恩各派科学哲学在内的有关的合理成果，却又避免了实在论的“逼近真

---

① 费亚阿本德：《对专家的安慰》，见伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社 1987 年版，第 270 页。

② 库恩：《是发现的逻辑还是研究的心理学》，见伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社 1987 年版，第 24 页。

③ 同上书，第 25 页。

④ 同上。

⑤ 同上，第 26 页。

理”的形而上学和库恩式的相对主义。但是，劳丹的理论看来同样存在着许多困难，我们已经在相关的论文和著作中做出过批判，也在本书的前面章节中进行了批判。

迄今，科学进步问题早已被全社会以及学者们所广泛关注。科学家、哲学家以及普通的人们都在谈论科学的进步。确实，在当代，除了极少数极端的相对主义者（如费亚阿本德等）以外，科学的进步被人们当作毋庸置疑的事实来接受和谈论。即使像库恩这样的有着强烈的相对主义倾向的科学哲学家，也宁可在相对主义的立场上做出让步而要坚持和维护科学进步的观念。

但是，我们在什么意义下才可以谈论科学的进步呢？思维的逻辑迫使我们去追问科学的目标。因为，正如我们所曾经指出，“进步”总是一个与“目标”相联系的概念；进步或进化只可以被理解为向着目标的前进或接近，布朗运动是谈不上什么进步的。所以，要认真地谈论科学的进步，就势必要谈论科学的目标；当今的科学哲学家们也都在从各种不同的观念上谈论着科学的目标。

科学的目标究竟是什么？当代的科学哲学家们众说纷纭。与此相联系，它们对科学进步的含义，科学合理性的标准以及关于科学理论的接受与评价的标准等等许多问题也都各持己见。看来，对于科学目标的理解，实在是科学哲学中的一个影响广泛的问题，可以说，如果科学进步问题曾经是并且迄今仍然是科学哲学的一个中心问题，那么，科学目标问题就是科学哲学中的一个影响深远而广泛的基本问题。

世界各国的科学哲学家们曾经对科学的目标做出过各种不同的回答。例如，逻辑实证主义认为，科学的目标是经验知识的积累；波普尔认为，科学的目标是逼近真理；库恩认为科学无目标可言，他要求在离开目标预设的前提下来谈论科学的进步，这当然会遇到不可解决的困难；劳丹则认为“科学的目标是解决问题”。但所有这些关于科学目标的设想都存在着难以解决的困难。

如前所述，逻辑实证主义的科学进步的累积进步模型已受到了各派科学哲学家的批评。波普尔式的逼近真理模型同样站不住脚。它们所说的真理是“本体符合论”意义上的真理，认为“真理”就是与外在世界的一致。但在深追之下，它其实只是一种形而上学的信念。我们实际上并不可能知道（无法判定）我们的认识是否达到了这种“真理”。因而也无法判

定科学在其发展中是否正在向着这种“真理”前进或逼近。这种所谓的“科学目标”是不可检测和不可捉摸的，因而对于科学发展的“定向作用”或科学理论的评价与选择来说，并没有实际的意义；它们只是为我们设定了某种虚幻的目标。库恩试图谈论无目标的科学发展，结果使他陷入了相对主义；库恩拒绝科学有目标可言，是使他的“规范变革”理论陷入相对主义困境的主要原因。劳丹认为科学的目标是解决问题，但他无法给出问题的清晰的概念，因而也使他的理论陷入混乱。正如我们已经指出，“问题”实际上只能是一个派生的概念。它可以被清晰地定义为“某个给定智能活动过程的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距”。但是如果承认这个定义是合理的，那么说“科学的目标是解决问题”就势必造成混乱，或者陷入在无法摆脱的恶性循环之中。

如何使我们真正获得实际可检测的、对科学的发展真正能够起“定向作用”的关于科学目标的有意义的假定呢？笔者曾经在《中国社会科学》1990 年第 1 期（《中国社会科学》创刊十周年纪念专号）上发表文章进行过论证，提出了“科学进步的三要素目标模型”。这是一种能够对科学发展真正起定向作用的实际可检测的模型。这篇文章曾经在国内学术界获得高度好评，并被全文翻译成英文发表在 *Social Sciences in China*（vol Ⅶ，No. 4，1991）之上。事隔六年以后，国内的著名学者、中国科学院自然科学史研究所的董光璧研究员在其所撰的《揆端推类，告往知来》的长文中曾评述道：“科学进步是当代最激动人心的问题之一，人人都在谈论科学的进步。对于一般人来说，科学进步似乎是一个毋庸置疑的事实，但它却成为当代科学哲学的举世难题。在什么意义上说科学是进步着的，科学是如何进步的，科学进步又何以可能，如若认真思考予以探究就会陷入困境。智力上的烦恼使许多科学家、历史学家和哲学家为之付出许多心力。为能合理地阐释这些问题，‘累积进步’模型、‘逼近真理’模型、‘范式变革’模型、‘解决问题’模型、‘目标’模型等相继由不同学者提出。这些模型中所提出的科学进步的评价标准、知识增长的机制、理论的判据各不相同，有些甚至是彼此相矛盾的。比较诸多有关科学进步的模型，后出的林定夷的‘目标’模型更为可取。……我们赞成林定夷在其《科学进步与科学目标》（1990）中所表达的看法。”①

① 董光璧：《揆端推类，告往知来》，载《自然辩证法研究》1996 年第 1 期、第 2 期。

第二节　科学进步的三要素目标模型——科学的实际可检测的目标

在前面，特别是在第一章，我们曾批判了劳丹的“科学进步的解决问题的模型”，我们还曾经花费过更多的笔墨批判过曾有过广泛影响的朴素实在论的那种与本体符合的真理论以及把科学的目标设定为追求这种本体论意义上的绝对的、客观的真理的常识见解，也进而批评了波普尔对这种常识见解的辩护，并通过对科学理论的检验结构与检验逻辑的详尽的讨论，指出了这种朴素实在论的“与本体符合”的真理论和与之相联系的关于科学目标的常识见解，归根结底只是一些形而上学的信念。我们实际上并不知道（无法判定）我们的认识是否达到了这种“真理”，因而也无法判定科学在其发展中是否正在向着这种“真理”前进或逼近。这种所谓“科学目标”是不可检测和不可捉摸的，因而对于科学发展的“定向作用”或科学理论的评价和选择来说，并没有实际的意义；它们只是一些虚幻的目标。

为了讨论科学的进步和科学理论的评价与选择以及其他方法论准则的合理性，更为了深入地讨论“问题学”理论，使这些活动真正可以有某种起“定向作用”的依据，我们必须讨论科学的某种实际的可检测的目标。通观科学史，科学的实际可检测的目标，在我们看来，应是如下三项的合取：

（1）科学理论与经验事实的匹配，它包括理论在解释和预言两个方面与经验事实的匹配，而这种匹配又包括了质和量两个方面的要求。

（2）科学理论的统一性和逻辑简单性的要求。

（3）科学在总体上的实用性。

由于我们把科学的目标定义为以上三要素的合取，并以此来理解科学的进步以及其他许许多多相关的问题，因此我们把我们的模型称之为“科学进步的三要素目标模型”。这个目标模型最初于 20 世纪 80 年代发表于中山大学马应彪科学哲学论坛的一次学术讲演中；数年后，即 1990 年，拙文《论科学进步的目标模型》[①] 被刊载于《中国社会科学》之中；

---

① 林定夷：《科学进步的目标模型》，载《中国社会科学》1990 年第 1 期。

同年，拙著《科学的进步与科学目标》① 一书中则有了更加详尽的展开。

对于科学目标的这些要素（“三要素”）的性质及其相互关系，我们应作如下进一步的讨论：

（1）这些要素，在深究之下，尽管还可能存在某些概念上的困难（如科学理论的逻辑简单性的含义等），但一般说来，它们是清晰的，并且都是可以被经验所检验的，因而这些目标不具有我们曾经指责过的波普尔观念的那种含糊性和形而上学性。

（2）关于要素（1），我们强调了科学追求理论与经验事实的匹配。但必须注意：我们这里所说的“匹配”，绝不意味着如“实践是检验真理的唯一标准”这种庸俗哲学所“教导”人们的那样，只能依经验事实为准绳，单向性地要求科学理论与它们相匹配。正如随着科学哲学的发展所愈来愈清楚地揭示的：观察渗透着理论，观察依赖于理论。科学中的某个“事实”，仅仅是经过了某种理论的解释才成为某种事实的。所以，科学中关于事实的判定和陈述都要依据于理论，而在科学的历史上，随着观察性理论的改变，人们可能随之改变关于相应的事实的陈述。当理论与经验互不匹配的时候，所应当受到指责的并不必然是理论，也可以是经验陈述。所以，原则上，科学理论与经验事实的匹配，是可以相互调节的。

（3）关于要素（2），科学追求理论的统一性和逻辑简单性的要求。尽管关于“理论的逻辑简单性”的含义，当前还难以做出无懈可击的、清晰的表述，但科学家们在实际工作中对于这一点的理解往往是十分一致的。追求理论的统一性和逻辑简单性，可以说是自古以来科学的传统和一向非常明确的目标，并且实际上科学是在非常明确地实现着这个目标。科学理论的统一性和逻辑简单性，实际上应当分两个层次予以理解：一是理论层次上的，它是已为“科学理论的统一性和逻辑简单性”这个词组所直接表达了的；二是科学定律和规律层次上的，它是为前一层次所要求的附属的、较低层次的要求。关于第一层次的要求，我们大致上可以用爱因斯坦的观点予以表述：“十分有力地吸引住我的特殊目标，是物理学领域中的逻辑的统一性。”② 爱因斯坦并且总是把科学的统一性与逻辑简单性联系起来，把逻辑简单性同时看作是科学统一性的一种要求：“我们在寻

---

① 林定夷：《科学的进步与科学目标》，浙江人民出版社 1990 年版。

② 《爱因斯坦文集》（第 1 卷），商务印书馆 1976 年版，第 299 页。

求一个能把观察到的事实联结在一起的思想体系。它将具有最大可能的简单性。我们所说的简单性，不是指学生在精通这种体系时产生的困难最小，而是指这体系所包含的彼此独立的假设和公理最少；因为这些逻辑上彼此独立的公理的内容，正是那种尚未被理解的东西的残余”①。关于第二层次的要求，即关于科学定律或规律陈述的简单性，则通常是指所描述的一个科学定律或规律在数学上的简单性，包括数学形式上的简洁、优美、对称等等。所以，这个目标的要求部分地是美学上的。

（4）我们强调：科学的目标是所指三项要求（三要素）的合取。因为，如果仅仅为了满足第一项而并不要求满足科学理论的统一性和逻辑简单性，那么各个领域中相互分裂的理论，甚至仅仅依靠经验性的现象论规律②就能满足它。但实际上，科学并不满足于表浅的经验概括，它追求着科学统一的目标。然而，即使第一、第二两项的合取，也只是表明了科学的部分目标：解释世界。但人们从事科学的目的，重要的还在于改造世界；科学追求着实用的目的。尽管从科学的某些具体分支或科目来说，它们的目的似乎只是为了认识自然而并不追求实用，但科学的发展却从总体上追求着实用的目标。事实上，那些纯理论知识的增长，最终必能提高科学总体在实用上的有效性，并且正是相信这些“纯科学”的研究必能为提高科学的总体在实用上的有效性做出贡献，人们才对它们进行研究并得到社会的支持。这三条，可以说是科学在其发展中永无止境的目标。人们谈论科学的进步，无非就是向着这些目标的前进；人们谈论科学的方法，无非就是实现这些目标的手段；甚至人们谈论或提出科学问题，实际上也无非是遵循着这些目标，从对当前的科学背景知识的分析中，看出科学发展的某些子目标，并认识到当前的背景状态与这些具体的子目标之间存在着差距。

（5）我们强调把科学总体在实用上的有效性作为科学的目标，更有其特殊的认识论意义。因为如果仅仅注意到科学目标的前两个要求，那就容易片面地把科学的发展理解为“不假外求”的纯粹的“自主性”的事

---

① 《爱因斯坦文集》（第1卷），商务印书馆1976年版，第299页。

② 我们所称的“现象论规律”，是指这样的规律陈述：在其中，除了观察陈述中已经使用的术语以外，不再引进新颖术语。在大多数情况下，通常所说的“经验规律”常常就具有这种“现象论规律”的性质。

业。由于现代科学哲学的研究愈来愈清楚地表明了这样一点：科学理论固然要建立在经验的基础之上，并且要接受经验的检验，但观察经验也绝不是完全独立的，它受到背后的观察性理论的左右和影响。因此，科学中理论与经验事实的匹配事实上是可以相互调节的。由于观察经验中浸透着理论，因此所谓理论接受经验的检验，至少就它的一个重要方面来说，其实是理论之间的比较。从这个意义上，任何科学理论都是不可能独立地经受经验检验的。由此势必应当得出整体主义的结论。这种整体主义，在某种程度上正如蒯因所指出：我们关于外部世界的陈述，不是个别地，而是作为一个整体去出席感性经验的法庭的。只要我们对整体主义作合理的理解，而不要像蒯因那样进一步对整体主义作“混沌的喧嚣”，那么，整体主义的观念显然是深刻的。但是，如果我们仅仅把科学的目标看作是追求理论与经验事实的一致以及科学理论的统一性和逻辑简单性，那么，我们又势必要得出这样的结论：科学理论的检验以及科学的进步，仅仅是它内部的事情，科学仅仅是一项自我封闭的“自主性”的事业；科学的发展似乎可以看作是与社会相脱离，仅仅由其内部逻辑所推动，并且可以孤立地按照自身的法则而发展的。且由此最终还要做出如蒯因已经做出的那种片面的结论：在科学的发展中，由于理论与经验之间有着如此这般的关系，所以，“任何假说不管情况怎样都能得到维护”①。但是，如果我们考虑到科学追求它的总体在实用上的有效性，那么，这一要求就将最终制约对假说的选择和对科学理论的各个部分的调整，从而引导其进步。科学总体在实用上的有效性甚至是评价科学进步的最高标准。极而言之，人类如果奉行一种内部自恰、自我封闭的“理想的”科学体系，且这种体系完全缺乏实用上的有效性，那么这就将危及人类的生存。事实上，人类知识自从它的最原始的状态开始，就遵循着以实用的要求作为一种评价或接受的原则。只是往后由于科学的高度发展，它的内部关系变得复杂起来，这个要求才变得愈益模糊，特别是对于某些仅仅以认识自然为目的的“纯科学”（如天体物理学）的研究，其情况就更是这样。但尽管如此，实用性的要求也仍然广泛地至少是潜在地起着它的定向作用，在特殊情况下，则是直接地和明显地起着某种决定性的作用。

（6）作为科学目标的这三项要求是相互制约的。

---

① 蒯因：《经验论的两个教条》，见《从逻辑观点看》，上海译文出版社 1987 年版。

科学目标的这三项要求虽然大体上是统一的，因为粗略地说来，似乎是，愈能与广泛的经验事实相匹配，并能对世界做出精确解释和预言的理论，愈是逻辑上统一与简单的理论，通常也会是愈有效用的理论；换言之，科学理论的实用性往往是以前两者为基础的。但是，实际情况远非如此简单。在科学发展的一定阶段上，已有的相互竞争的理论，以及对已有理论做出局部性改造或提出崭新的竞争理论，往往并不能在这三点上同时取得进展；相反，有时为了在某一点上取得进展，往往不得不容忍在另一点上的暂时退却。在历史上，即使是某些理论变革方面的举世公认的最重大的进步，其情况也是如此。因此，在实际的科学史中，这三项要求往往成了相互制约、相互矛盾的因素。例如，为了改进托勒密体系的那套复杂的本轮－均轮系统的“不自然”、“数学上的不优美”，它与天文学资料之间的与日俱增的裂隙，以及为制定新的更精确的历法和航海星表提供新的理论依据，哥白尼提出了日心说的革命性理论。哥白尼理论在数学上的“优美”和“自然”方面显然超过了托勒密体系，但是却又带来了物理上的“不自然”和在经验证据方面的许多严重困难。因为在当时的科学背景中，占统治地位的是亚里士多德的物理学理论。托勒密体系原则上是与亚里士多德的物理学理论相容的，因而在物理学上是“自然的”，而哥白尼体系却是原则上与当时占统治地位的亚里士多德物理学理论不相容的，因此从当时的物理学角度来看，哥白尼理论是“悖理的”、“不自然的”。以至于哥白尼死后将近一个世纪，甚至被誉为近代科学方法论之创始人的弗兰西斯·培根还指责哥白尼说：“他只要他的计算结果是好的，就满不在乎地把无论怎样的虚构引进自然界里来。”① 在当时的条件下，哥白尼本人在他的反对者依据亚里士多德的物理学理论所提出的许多经验证据——塔的论据、飞鸟云彩论据、地球飞散论据等——的驳难之下，几乎全无招架之功。哥白尼本人在物理学上并没有摆脱亚里士多德的框架，他从亚里士多德物理学的基地上为自己做出的辩护，完全是“苍白而无力”的。可以说，哥白尼理论在当时的出现，在科学统一的方向上不是填补了裂隙，相反却是增加了裂隙；这个新理论在当时的科学背景理论体系中不能“嵌入”。在理论与经验事实的匹配方面，哥白尼理论虽然有其成功的

① 弗兰西斯·培根：《智慧之球的叙述》，转引自菲利普·弗兰克《科学的哲学》，上海人民出版社1985年版，第51页。

方面，例如，它在解释火星的顺行、逆行运动方面比较“自然”，但整个地说来，它绝不比托勒密体系优越多少。这两种理论在观测精度上都仅能达到几乎不相上下的粗糙水平（误差4°～5°），而且哥白尼体系在这方面还面临着许多特殊的困难，如关于金星的盈亏和视像大小的变化。因为哥白尼理论蕴涵了这样的结论：从地球上看去，金星应当发生像月球那样的盈亏变化，并在一年的过程中应可观察到它的视像大小的明显变化。但是在当时，天文学家们用肉眼仔细地跟踪观察了金星，不但没有发现金星的盈亏，也没有观察到它在一年中视像大小有任何变化。这成了哥白尼理论的明显的证伪证据。正如当时为哥白尼的《天体运行论》一书作序的牧师兼天文学家奥西安德所说：哥白尼学说虽然做出了金星在一年中应当看起来改变大小的预言，“可是每一个时代的经验都否定了这样的变化”①。而这些困难在托勒密体系中却不存在，因为这些观察结果是完全为托勒密体系所蕴含的。甚至后来布拉赫·第谷所观察到的恒星“无周年视差”的情况亦复如此。也正因为如此（当然还有宗教上的原因），哥白尼理论迟迟不能为他那一时代的天文学家所接受。在当时，只有少数深受毕达哥拉斯主义影响的、推崇自然界服从“数的先定的和谐”而又非常杰出的科学家（如刻普勒、伽利略）才能看出哥白尼体系的内在的“美”，并坚持地捍卫和发展哥白尼的日心说体系。而哥白尼体系正是通过他们才逐渐摆脱了窘境：通过伽利略、刻普勒的观察研究和行星运动定律的发现，从而消除了大量的反例并使之成为新的确证证据（如伽利略通过望远镜观察，发现了金星有盈亏并且在一年中它的视像大小有明显变化），并且进一步提高了哥白尼理论在数学上的简洁、和谐以及它与经验证据之间的一致和符合（精确度等）；通过伽利略—牛顿的力学—物理学的基础广泛的理论研究，终于击败了亚里士多德的物理学理论，从而使哥白尼体系在新的物理学中找到了它的坚实的基地。这不但消除了它的许多经验上的驳难证据，并使它们成为它的确证事例（如塔的论据、飞鸟云彩论据等），而且由于与新的背景理论一致，从而使它在物理上不再是“悖理”的；相反，正是哥白尼体系才是“合理的”和“自然的”，而它的竞争对手（托勒密体系和第谷体系）却被看作是在物理上“悖理的”和“不自然的”了。到了这个时候，哥白尼体系连同伽利略—牛顿的力学—物理学理论一

① 尼古拉·哥白尼：《天体运行论》，陕西人民出版社、武汉出版社2001年版。

起，才在向着科学目标前进的三个要求的方向上同样都获得了无可争辩的进展。而在此以前，在这三个方向上的进展，往往显得顾此失彼。从历史的眼光来看，这种情况甚至有着特别重大的意义。因为不如此便不会有背景理论方面的革命性的变革，便不会有如此强大的推动力去冲决亚里士多德物理学的罗网。而正是它们，标志着科学的飞跃进步。众所周知，在历史上，伽利略，甚至包括牛顿，他们研究力学，发明新的力学体系，其主要的动力之一就是要为哥白尼体系做出辩护。也正是在这个意义上，正如我们前面所指出，我们不能同意劳丹的观点：把产生概念问题仅仅看作是对该理论评价的消极因素。实际上，任何革命性理论的提出都势必会引发概念问题（特别是与背景理论的矛盾），而这些概念问题的提出又会进一步成为引发更深刻的科学革命的动因。就像哥白尼体系的情况所表明的那样。而按照劳丹的理论，就很难解释科学的进步。

人类科学的发展何以会追求这样的三要素目标（不管人们是否自觉到它）？在笔者看来，正如笔者已在本丛书第二分册探讨人类的思维中何以会存在归纳倾向时所揭示，这也许是与人类的某种“先天本性”有关的，而这是可以从进化认识论上得到合理论证的。问题是，我们以上所说的科学进步的三要素目标模型也能由此得到合理的辩护吗？或者更明确地说，这种科学进步的三要素目标模型真的能从我们人的“先天本性”或人的先天认知结构中获得合理论证吗？

请注意，我们的这个从进化认识论的角度上所作出的辩护，不但能对人类思维和科学中存在归纳的先天倾向提供有说服力的论据，而且对我们在本书中的另一个观念，即关于科学进步追求三要素目标的先天倾向同样能提供有说服力的论据。我们在本书中，批评了科学追求本体符合论意义上的真理这种形而上学的虚幻的目标，并阐明科学的实际可检测的目标是如下三项的合取：①科学理论与经验事实的匹配，包括理论在解释与预言两个方面与经验事实的匹配，而这种匹配又包括了质和量两个方面的要求；②科学理论的统一性和逻辑简单性的要求；③科学在总体上的实用性。我们现在所要着重论证的是：人类科学的发展何以会追求这样的三要素的目标（不管人们是否自觉到它）？下面，我们将从进化认识论的角度上发掘出与人的“先天本性”有关的人类的先天认知结构，为它做出合理的解释和辩护。

为此，不妨让回顾我们在本丛书第二分册，即《科学中观察与理论

的关系》中所曾经描述过的一个实验以及我们为此所做的讨论，并从发生学的意义上的一个故事说起。

记得在20世纪80年代末，笔者的一名研究生史然作学位论文，其所选的论文题目是：《认知结构与生命进化——进化论的认识发生论》，其中的一个最关键的内容就是要探索人的“先天认知结构”。在讨论论文大纲期间，一次他来到我家，讨论论文大纲。交谈期间，我信手向他演示了一个“平淡无奇”的实验。当时我家客厅里有一个较大的水族箱，其中喂养着多条姿态十分美丽的硕大的金鱼。我到水族箱边拿起装有金鱼食的塑料瓶子，尚未喂食，那些金鱼就都激动地浮出水面，等待喂食。然后我喂给它们以少许食物，不再投食了，鱼儿们就沉到水下嬉戏去了。我让史然也来试。当他端起鱼食瓶子时，鱼儿们也都激动地浮上水面来了。待史然喂给少许食物不再投食时，鱼儿们又都沉下水中去了。这确实是一个平淡无奇的实验；它无非是巴甫洛夫通过他的狗所做出的著名的条件反射实验的一个普通的翻版。但从进化认识论的意义上说，这又意味着什么呢？我们的讨论就从这里开始。讨论中我们议论到如下内容：

（1）“条件反射”是训练出来的。巴甫洛夫每当给他的狗喂食以前打铃，经过多次训练以后，每当听到铃声，狗就都跑来等待喂食，并分泌唾液。我们的金鱼也是如此，我每次拿起鱼食瓶，就给鱼儿们喂食，经过多次训练以后，每当见到我拿起鱼食瓶，鱼儿们就激动地浮出水面，等待喂食。这说明在这些动物的认知结构中已有了先天的归纳倾向。它们在经验中发现 a_1 有 b，a_2 有 b，…，a_n 有 b，然后当出现 a_{n+1} 的时候，它们就期待着也会有 b 发生。如此才形成了条件反射。

（2）在这些动物（金鱼或狗）的先天认知结构中已经包含了抽象的倾向或抽象的能力。其实，我前天喂鱼、昨天喂鱼和今天喂鱼时，所穿戴的服饰都不同，动作也未必都相同，更不用说我和史然的身形及容貌都不同，但鱼儿们能从这些不同的场景中抽象出相同的东西：有人拿起了鱼食瓶，然后它们就等待着喂食。狗儿能识别它的主人更是依靠着这种抽象的能力。它的主人前天回家、昨天回家和今天回家，他的穿着可能都不相同，而且前天可能是他单独一人回家，走路时没有和谁说话，而昨天却是和他的朋友一起回家，并且一路走一路和朋友说笑，今天却不同，他是乘出租汽车到家门口，然后从出租汽车中走出来，手中还提着许多购来的物品。但这只狗却能从这些不同的场景（不同的现象）中抽象出共同的东

西：主人回来了。于是它摇动着尾巴热情洋溢地迎上前去。显而易见，如果没有这种抽象能力（不管它通过什么途径），狗儿就不能辨识它的主人。不同中见“同”，这是许多较高等的动物先天就有的一种重要的认知能力。

（3）前述两点，都意味着在动物的认知结构中，已经先天地具有从“个别”过渡到“一般”，即追求“一般知识”的倾向。第一点是说“条件反射”的形成就意味着一种“归纳”。动物的这种先天的归纳倾向当然就意味着它的认知结构中具有从“个别经验”过渡到某种“一般性知识”（某种“规律”或“规则”）的先天倾向。而第二点所显示的先天的抽象能力，也意味着这些动物具有从变动不居的现象中抽象出某种稳定东西（某种共同要素）的能力。

（4）“条件反射”的形成，还意味着在动物的先天认知结构中，具有某种追求“因果关系”的原始倾向。它们以 a_1、a_2，…，a_n 之后都紧随着有 b 发生的经验为基础，当出现 a_{n+1} 时，就期待着 b 再次发生。这就意味着在某种程度上它们把 a 看作是“因”，把 b 看作是“果”；只要有 a 发生，它们就期待着 b 的出现。

（5）对于每一动物个体而言，通过训练而形成的“条件反射”是可以被破坏的。我向史然述说了我此前曾经做过的“实验”：当我培养的那些金鱼已经形成了那种条件反射以后，我曾经在连续的数天里，拿起鱼食瓶，当鱼儿激动地浮出水面后却不给喂食。鱼儿吃不到食，然后就怅然地回到水底去了。如此这般地多次“欺弄”了它们以后，我再拿起鱼食瓶，它们就不再激动地浮出水面来了。这就是说，原已形成的那种“条件反射”遭到破坏了。但这又意味着什么呢？这说明在这些动物的先天认知结构中，已经先天地具有了如下的要求：它们通过条件反射所已经获得的“一般知识”，必须与它们后续的相应经验相一致；如果发生不一致，而且多次发生不一致，它们就会调整原有的“认识”。总之，要求它们通过条件反射所获得的普遍性规则（或规律）的“认识”，要与它们的经验相一致，乃是这些动物的认知结构中先天具有的倾向（对“理论”做检验，并要求“理论”与经验相一致的原始倾向）。

（6）在许多动物的先天认知结构中，还包含有许多其他种类的如康德所说的“先天综合知识”，如空间和时间这两种感性直观的先验形式。正是借助于这两种先验的直观形式，才使得它们获得了感知外部世界并使

之具有一定结构的可能性。并且对于许多较高等的动物而言，它们的空间感知也是三维的，因为它们有深度知觉。

（7）动物的这些先天认知结构，并不神秘，因为它们是进化的产物。所以，这些先天的认知结构，对于个体而言是“先天的”，但是对于种系发育而言却是“后天的”，它们是从它们的先辈那里以 DNA 的形式遗传下来的。这些 DNA 决定了它们具有某种先天的认知结构。

（8）从进化论的角度来看，动物的这些先天的认知结构是适应的产物，是自然选择的结果。许多物种如果不具有这种先天的认知结构，很可能早就在自然选择中被淘汰了（这就包含了追求“理论”的实用性的最原始的追求）。

（9）人是从动物进化而来的，所以人也具有某种先天的认知结构；由于进化的结果，人的先天认知结构比起其他较低等的动物来，也许更复杂、更完善。而人的这种先天的认知结构，就决定了人对世界的某种认知方式，包括归纳、抽象、空间时间这些感性直观的先验形式、逻辑思维能力的孕育基础、科学发展的认知目标等等。

（10）以上讨论所得的结论，能说明许多问题。例如，诚如前述，其中的第一点，就可为休谟认为归纳是人的心理习惯的观点做出深层次的辩护。因为我们为这种“心理习惯”从进化论和遗传学的角度上提供了深层次的生理学的说明。第二点能用来批驳波普尔关于归纳不可能，科学中没有归纳的观点。因为波普尔的论据是，归纳的前提条件是“异中见同”，但“异中见同”却没有根基。而我们却论证了“异中见同”是许多较高等的动物就已具备的先天能力。我们的许多讨论也支持了康德认为人具有许多“先天综合知识”的观点，并从进化论、遗传学的角度上论证了它。当然，我们还得申明：不能如康德所言，人的“先天综合知识”必然是真的。相反，它们也同样是可错的。包括先天的“归纳”倾向，其所得的“知识”显然是可错的。

从我们的讨论所得的那些观念，很容易从进化认识论或发生认识论的角度上说清楚，人类何以会有一种先天的倾向，使科学的发展潜在地追求着（不管人们自觉不自觉）我们前面所指出的“三要素”目标。因为这三要素目标是已经潜在地存在于人的先天认知结构之中的。

我们已经看到，在许多较高等的动物中，在它们的先天的认知结构中，已经潜在地存在有归纳的倾向，追求普遍性（规则、规律，如体现

在“条件反射”中）、因果性的倾向，具有“异中见同”的天然能力，以及要求它们所获得的“普遍知识”（规律、规则）与它们的经验相一致，一旦发现不一致，就会调整它们的“知识”的能力（这就潜在地要求某种“理论”要与经验相一致的倾向）。它们的这种先天认知结构中的先天的倾向和能力，是物种得以保存和发展的基础。这些倾向和能力是适应的结果，在某种意义上，“适应”也就是“实用”。在生物进化的过程中，它们的认知结构的进化，也是以“实用”为条件的。人是从动物进化而来的，而且具有“第二信号系统”，具有使用语言和符号进行抽象思维的能力，而且在人的先天的认知结构中，也已经具有了可以随着机体成熟而发展或可以被开发的逻辑演算的倾向或能力（皮亚杰），并且在思维中被要求符合逻辑演算的规则。所以，在原始人那里，就已经具有了从经验中追求普遍性（从经验中总结规则、规律）的先天倾向，追求因果说明的先天倾向，在思维中追求合乎逻辑的先天倾向，要求使他们所获得的任何原始的普遍性知识与他们的经验相一致的先天倾向，特别是追求知识的实用性的倾向。随着人类智力的发展，人类逐渐地要求以某种统一的模式来解释纷繁复杂的自然现象，即他们在更高的程度上追求着知识的统一性和逻辑简单性。于是，在人类的历史上先后出现了宗教体系、形而上学体系，然后又出现了科学（孔德）。宗教体系、形而上学体系正如科学知识体系一样，当它们最初出现的时候，也都曾经是人类试图通过某种构造性的努力，以对纷繁复杂的自然现象做出某种统一解释的一种方式。只是由于人类知识和智力水平发展的局限，人们当初并不能发现，通过它们所提供的种种“解释”，实际上都不过是伪解释。往后由于人类知识和智力水平的进一步发展，人类逐渐地不满足于宗教和形而上学所提供的对自然现象的伪解释，特别自近代以来，科学（首先是自然科学，然后是社会科学）显然已逐渐地取代宗教和形而上学，成为人们理解和探索自然的主要方式，虽然人类仍然（也应当）给宗教和形而上学留出它们相应的、合理的地盘。科学采用实证的方法，追求科学理论与经验事实的一致；科学追求科学理论的统一性和逻辑简单性，但却不像宗教和形而上学那样，仅仅凭借玄想而“一步登天”，而是在实证方法的基础上逐步地、渐进地去实现这个目标；科学追求实用性，但却更多地通过“技术”这个中间环节去实现这个目标，更允许它的某些分支学科表面上完全不追求，甚至不理会“实用目的”，它只追求科学总体在实用上的有效性。

有了上述讨论，人的先天认知结构中已具有归纳的倾向，以及在科学中会存在归纳，也就成为自然的事情了。而且，从我们的讨论所得的那些观念，很容易从进化认识论或发生认识论的角度上说清楚，人类何以会有一种先天的倾向，使科学的发展潜在地追求着（不管人们自觉不自觉）我们前面所说的“三要素”目标。因为这三要素目标是已经潜在地存在于人的先天认知结构之中的。

总之，我们的“科学进步的三要素目标模型”所述说的科学进步所追求的三要素目标，不但可以从经验上获得合理的论证，而且可以从进化认识论上获得合理的辩护。按照我们所构建的科学进步的三要素目标模型，科学在发展的过程中，科学理论应向着愈来愈协调、一致和融贯地解释（和预言）愈来愈广泛的经验事实，从而能愈来愈有效地指导实践。因而在相互竞争的诸理论中，愈是具有高度可证伪性、高度似真性和逻辑简单性的理论，是愈优的理论。我们不可能判定哪一个理论所揭示的机制是与实在世界本体相一致的意义上的“真理”，这样的“真理观”是没有意义的，它所提供的是不可操作的虚幻的目标，对科学的发展不可能起到任何具有“定向意义”的实际作用。但我们从科学进步的三要素目标模型中，却能导出可操作意义上的选择科学理论的评价标准，而且它是与实际相符合的。关于科学理论的评价问题，详见本丛书第二分册第七章。

第三节　个案分析

在上一节，我们已经详细描述了我们所提出的“科学进步的三要素目标模型”，并对它作出了适当的论证。但为了进一步理解作为科学进步的三要素目标之间的相互制约性，我们还有必要再对科学史上具有典型意义的个案做出详尽的分析。我们且以近代光学史为例。

与牛顿生活在同时代的荷兰科学家惠更斯早就提出了与牛顿微粒说相竞争的另一种光学理论——光的波动说理论。但是，惠更斯的波动说存在着一些根本性的弱点：一是惠更斯实际上认为光波只是一个个突发的脉冲，而并不认为它是具有一定波长的波列。他自己在《论光》一书中强调：“不需要认为光波是以相同的间隔一个跟着一个。”这就使他的波动说不能解释光的干涉现象。相反，牛顿却从微粒说的角度出发，发现了牛顿环现象，注意到了光的波动特性（周期性）。二是惠更斯虽然创造性地

提出了他的包迹原理，但他没有假定子波可以相干，因而用他的波动说理论甚至不能真正解释众所周知的光线直进现象，而相比之下，牛顿的微粒说对光线直进现象的解释却是直观而自然的。三是惠更斯虽然已经很好地描述了冰洲石的双折射现象——一种后来被理解为光线的偏振所造成的现象，但惠更斯却坚持光波应是纵波。然而纵波理论是与光的偏振现象不相容的；偏振现象是不能从他的波动理论中获得解释的。四是在当时他的理论也不能很好地说明当时光学研究中已成为热门课题的光线绕射，而这正是牛顿所着力予以解释的。正是由于以上这些原因，惠更斯的波动说就很难与牛顿在《光学》一书中所阐发的内容丰富的理论相匹敌，牛顿也从不把惠更斯的波动说看作是他的理论的真正对手。牛顿虽然尊敬并高度评价惠更斯的科学工作，把他看作是一位力学家、几何学家和天文学家，但却从不把惠更斯看作是一位光学家。尽管牛顿并不绝对排除光是以太之波动的可能性，但在牛顿眼里，惠更斯的光学却只能使光的波动说理论威信扫地。事实上，在牛顿以后的整个 18 世纪里，在光学领域中始终是牛顿的微粒说占据统治地位。

但是，当历史进入到 19 世纪以后，由于托马斯·杨和弗累涅尔的工作，情况却发生了戏剧性的变化。首先是托马斯·杨于 1801 年竖起了一面新的旗帜。他一方面通过深入分析牛顿微粒说的困难而使这种困难进一步明朗化和尖锐化，另一方面，他又通过提出或修正一些辅助假说而大大改善了波动理论从而保护了（甚至也修改了）波动理论的“硬核”。托马斯·杨尖锐地指出了光的微粒说的严重缺陷，说它不能解释以下现象：①由强光源和弱光源所发出的光为什么有同样的传播速度；②当光线从一种介质射到另一种介质的界面时，为什么有一部分被反射，而另一部分被折射；③他自己所发现的双缝干涉现象。（如果不予深究而接受劳丹的概念，则这些诘难大体上都属于劳丹所说的“经验问题”。）与此同时，托马斯·杨大大改进了惠更斯的波动理论，并向牛顿微粒说发动了公开的挑战。他宣称：“尽管我仰慕牛顿的大名，但我并不因此非要认为他是万无一失的……我……遗憾地看到他也会弄错，而他的权威也许有时甚至阻碍了科学的进步。”[1] 他沿着惠更斯波动说的思路，进而认定光波应是具有

① 转引自斯蒂芬·F. 梅森著《自然科学史》，上海人民出版社 1977 年版，第 441 ～ 442 页。

一定波长的波列，首次提出了“光波波长”的概念，并测定了光波波长；他认定光的不同颜色是与光波的不同波长相对应的。在此基础上，他消除了他曾借以指责牛顿微粒说的那些困难。特别是在合理地解释他的双缝干涉实验的时候，他又进而提出了光波“干涉”的概念，初步提出了相干性原理，还进一步提出了“光程差”和“半波损失”等重要概念。由此，他把光的波动说发展到了一个新的阶段，使之成为一种有竞争力的拉卡托斯意义下的“进步的研究纲领”。他不但预见了许多新的现象，而且后顾地解释了以前难以解释的牛顿环和薄膜色彩等现象，认为它们都不过是光的干涉效应。但是尽管如此，杨对自己的新的理论并不抱太多的希望。他认为他的新理论要么被忽视，要么受到人们的尖锐批评和反驳，因为这个理论是和牛顿的权威理论相对立的。杨的理论提出以后不久，确实受到了当时许多人的批评和反驳，但真正使他难堪的反驳并不来自单纯维护牛顿观念的人们，而是来自不久就出现的实验观察事实（经验事实）。当托马斯·杨的理论刚刚引起争论，就马上引来了实验方面的沉重打击。1808年12月，法国科学家马吕斯发现了反射光的偏振现象。马吕斯发现，这个现象是无论如何不可能用惠更斯和托马斯·杨的波动理论（当时仍认为光是纵波）来解释的。于是他坚持用牛顿的光微粒在进入介质界面时有附加振动（附从波）的理论来解释，并认为，这个实验事实表明，光微粒在遇到不同介质的界面时发生一种横向振动，也就是“偏离”光线运动方向的振动。所以他把这种现象称作光线的“偏振”（“偏振”一词就是这样最初由马吕斯从微粒说的角度上引入光学的）。这个实验事实确实是与惠更斯和托马斯·杨所主张的光的纵波理论不相容的，因而引起了刚刚出世不久的托马斯·杨理论的危机。托马斯·杨自己也重复了这些实验，因而使其对波动理论也发生了动摇。在这过程中，另一位也是在波动说纲领下从事研究的法国科学家弗累涅尔，从另一方面改进了惠更斯的波动模型。他引进了子波能够相干的抽象假说，从而解决了牛顿曾经指责过的光线直进对于波动说的反常，并在绕射现象方面做出了许多杰出的研究，使光线直进与绕射这两种看起来相反的现象在一种统一的模型之下获得了“自然的”解释。为了定量地解释现象，他还建立起构造带理论。这个理论能够非常成功地解释和预言许多绕射现象及其他光学现象，因而在欧洲引起了巨大的震动。但是弗累涅尔的成功也仍然不能扫除波动说在当时所面临的基本困难，即它与光线偏振这个实验事实的矛盾。但是，正

当这个矛盾变得愈益尖锐的时候，1816 年，他与阿拉戈一起又偶然地发现了偏振光的相干现象，这个实验事实令科学界十分困惑不解。因为虽然光线的偏振看来与波动说（纵波说）相矛盾，但偏振光的干涉似乎又明白地表明它仍然是一种波。终于，在第二年初，托马斯·杨在与阿拉戈的通信中提出了光是“横波”的可能性。当弗累涅尔从阿拉戈那里得知了这个消息后，他马上看出了托马斯·杨的这个假说的意义。虽然他明明知道，光的横波假说将引起一系列概念上的矛盾（相当于劳丹所称的“概念问题”），并且也是与他自己原有的传统观念格格不入的。原因十分明显，为了要使以太传播像光那样的高频横波，必须使以太具有典型的固体特征并具有极高的弹性切变模量。而当时所设想的“以太”是一种十分稀薄的气状介质。它只可能传播纵波。尽管如此，他还是要竭尽一切努力为可能有前途的横波假说奉献自己的精力。他尝试着给光的横波理论设计一种具有极高弹性切变模量的以太动力学模型，并从横波理论中得出了许多重要结论。1818 年，他总结了自己若干年的研究成果并写成了一篇论文，响应巴黎科学院的悬奖征文。这篇论文，从光的横向波动假说出发，把惠更斯的包迹原理和托马斯·杨的干涉原理结合起来，定量地说明了当时所已知的，然而却悬而未释的各种重要的光学现象，其中包括双折射理论、反射和折射理论、偏振面的转动理论以及他自己新发现的偏振光干涉的定律等等。弗累涅尔的这篇论文，当时轰动了整个法国和欧洲的科学界。尽管在当时的法国科学院中，一大批老的有权威的科学家（如拉普拉斯、拉格朗日、泊松、毕奥和马吕斯等）仍然坚持微粒说，并对波动说继续提出反驳，但巴黎科学院还是把悬赏奖颁给了年轻的弗累涅尔。弗累涅尔的工作（包括获奖后的工作）确实使波动说获得了巨大的胜利，以至于 20 世纪杰出的物理学家波恩在他与沃尔夫合著的经典名著《光学原理》一书中对于他的工作给出了如此高的评价：“弗累涅尔的工作给波动理论奠定了如此牢固的基础，以致傅科和斐索、布雷格特所进行的……冲裁实验，都显得多余了。”[1]

然而，尽管托马斯·杨和弗累涅尔的波动说取得了如此辉煌的胜利（这种胜利大多是解决了劳丹所说的“经验问题”），但是，它确实又使这一理论在更加广阔的背景中陷入了深深的概念困难，甚至可以说是陷入在

---

① 波恩、沃尔夫：《光学原理》，科学出版社 1978 年版，第 7 页。

严重的悖论之中而难以自拔。诚然，在纵波理论之下，产生了劳丹所说的那种“经验问题”，托马斯·杨和弗累涅尔在经验的压力下提出了光是横波的理论，但这种横波理论虽然解决了许多“经验问题”，却又引起了（劳丹意义下的）深刻的“概念问题”。因为在当时，不管是微粒说还是波动说，都还是在机械论的研究传统下从事工作。从机械论的研究传统出发，波动说假定光是依靠以太的机械振动而传播的，而以太被假定为一种气状介质。然而根据力学，气状介质是只可传播纵波，不可传播横波的。为了能使以太传播横波，以太介质必须具有固体特性，并且其弹性切变模量必须大得出奇（依据公式 $u=\sqrt{\frac{N}{\rho}}$，横波的传播速度 u 与固体的弹性切变模量 N 和介质密度 ρ 有关。由于光速 u 很大，所以尽管以太介质的密度被假定为很小，但它的弹性切变模量 N 的值仍必须很大，以至于比钢的弹性切变模量还要大 10 万倍）。然而这是不可思议的。为了解决这个困难，在 19 世纪继弗累涅尔以后的几十年中，先后有纳维尔、泊松、格林、麦卡拉、F. 纽曼、斯托克斯、凯尔文、C. 纽曼、斯特拉特、基尔霍夫等一大批科学家，都曾想方设法要为以太介质设计出某种机械动力学模型，其中最著名的是以太的胶状介质模型。它把以太设想为既具有某种流体特性，同时又具有较高弹性切变模量的介质，以便使它可以传递横波。但是所有这些努力都未能成功。这些模型不但都包含了许多牵强附会的（不合理或不自然的）复杂的假说，并且仍然未能摆脱悖论，以至于造成了在更广阔的背景中机械论研究传统的危机。例如，为了要用它来解释光学现象，就必须假定以太充满整个宇宙空间，即假定这种胶状介质是无处不在的。但是通过天体力学的研究，人们却明白，星际空间对物体的运动并没有阻力。这就已经是矛盾。因为依据力学，这种胶状介质是必然会阻滞物体（如行星）的运动的。为了要自圆其说，只得引进新的辅助假说，即赋予“以太”以一种特殊的性质：以太粒子与实物粒子不发生相互作用。于是就可以用来解释这种胶状介质何以不会阻滞星体的运动。但是，问题马上又产生了。因为光线不但通过以太，而且也通过玻璃和水等等透明物质，然而在这些物质中光的传播速度变慢了。怎样解释这些现象呢？这就又必须假定以太粒子和实物粒子之间存在有相互作用。这样就出现了两种相互分裂的状态：为了解释自由运动的物体，即各种实体物质（如天体）的机械运动，我们必须假定以太粒子与实物粒子不发生相互作用；

而为了解释光的传播，我们又不得不假定它们之间有相互作用。这显然是一种自相矛盾的结论，而科学的发展是应当排除这种自相矛盾的状况的，它追求着科学理论的统一性和逻辑简单性的目标。对于经典的波动光学理论来说，横波假定和以太假定都是这个理论的最基本的假定（其他的基本假定还包括力学原理等等）。按理说，一个理论的基本假定相互矛盾是尤其不能容忍的。但实际上，19 世纪的科学家们尽管把这个矛盾看作是一个待解决的问题，然而却仍然相当心安理得地接受波动说来作为他们具体的光学探索活动的研究纲领，并且 19 世纪的科学确实曾因波动说的胜利而获得了长足的进步。这种进步至少是两方面的：一方面是光学理论在与经验事实的匹配上，以及在光学理论的统一性上（从而也在实用性上）获得了惊人的成就；另一方面是它在更广阔的背景上提出了更加深刻的"概念问题"，从而把机械论自然观戳得千疮百孔。这两方面都导致进步。因为正是它们才导致机械论自然观的破产，导致用新的研究传统去代替机械论的研究传统，导致科学发展中的巨大革命。因此，我们应得出结论：劳丹要求科学的进步必须是解决较多的经验问题而引起较少的概念问题，是不合理的。相反，一种成功的理论在更广阔的背景上引起深刻的和较多的概念问题，应视为一种进步。这类问题往往是科学发展的强大动力，正像哥白尼理论曾在广阔的背景上引起了深刻的和较多的概念问题而导致了科学的进步一样，亦如 20 世纪的量子力学的产生也曾在广阔的背景上引起了深刻的和较多的概念问题并导致了科学的进步一样。

从波动说发展的典型案例分析中，我们又一次清楚地看到：在科学理论的进步中，作为科学目标的三项要求（三要素）往往并不是同时被满足的。在某一个暂时的形态下，它往往难免顾此失彼；它有时因在理论与经验事实的匹配上的进步而暂时容忍新产生的概念上的困难（即劳丹的"概念问题"），有时也可能因理论上的简洁、优美，被看作有前途而暂时容忍与经验事实匹配上的倒退，并最终在经验内容上也获得重大进展。所有这些，都可能表明是科学的进步。

第四节　蕴含的结论

我们在前面关于科学目标及其性质和关系的分析，蕴涵着如下结论：

（1）科学的方法无非是实现科学目标的手段；科学方法的合理性就

在于它有利于向着它的目标前进或接近。但有利于科学向着它的目标前进或接近的手段可以是各种各样的。因此，从根本上说，评价科学进步的合理性的标准不应是一种或一组方法论，而是一组与目标相关的价值。

（2）由于作为科学目标的诸要素是相互制约的，因此，科学发展中相继出现的竞争理论在实现这些目标的方向上可能顾此失彼。一个后继理论 b 可能在某些方面优于原有理论 a，但在另一些方面可能暂时劣于 a；理论 b 往往要经历一个相当长时期的调整或修正才可能在总体上或全面地优于 a 而取代 a，而且在竞争中还可能出现另一些理论 c 和 d。因此，多种相互竞争的理论在科学中共存是一个规律，除非在一段时间内某理论 a 全面地优于其他竞争对手而居于绝对统治地位。所以，库恩的那种只允许有唯一规范的“常规科学”不符合科学的“常规”历史，用这个概念来描述科学的一般历史进程是不合理的。

（3）由于一个后继出现的理论 b 在一定阶段上可能仅仅在一些方面优于原有理论 a，而在另一些方面却劣于 a，而在此时，某些科学家却已选取 b 作为自己的研究纲领，并终于击败理论 a 而使科学取得进步。所以，科学哲学中已被提出来的许多评价或选择理论的“合理性”准则（如理论的无矛盾性；当后继理论取代原有理论时，原有理论的经验内容都被保存下来或后继理论的经验内容必须超过原有理论等），从某个阶段上看，都是可以违反的。因此，把这些方法论信条当作科学中必须遵循的普遍的规范性的准则，将是不严谨的。因为对于所有这些方法论“准则”，总是可以举出反例。正是在这一点上，给极端的相对主义者费耶阿本德钻了空子，得出了“科学无方法可言，怎么都行”的非理性主义的结论。科学是有理性可言的，这理性就在于向着它的目标前进。

（4）对于新提出来的竞争性理论，除非它在向着科学目标前进的方向上全面地优于其他竞争理论（而这种情况在历史上是罕见的）；否则，对于相互竞争的科学理论之优劣的评价，只能有延时性的判准，而没有即时性的判准，即常常需要在竞争的过程中“走着瞧”。

（5）因此，对于面临新提出来的竞争性理论所指的通常情况下工作的科学家，他们对于相互竞争的理论往往不是简单地采取或者接受，或者拒斥的极端态度，而是同时钻研并审度相互竞争的多种理论，对它们有批判地采取兼收并蓄和多方向求索的态度。而当他们在解决较具体的科学问题的时候，则往往采取实用主义的态度。同一个科学家，在解决不同问题

的时候，将选用不同的理论（尽管这些不同的理论在基本假定上是很不相同的，甚至相互对立的），其所遵循的原则只是（或主要是）看这些不同的理论在解决相关问题时的效用。一位当代的量子化学家，他将同时热情而审慎地追索不同学派的量子化学理论，如价键理论、分子轨道理论或配位场理论，而对于价键理论，他也将同时考虑电子对成键理论、杂化轨道理论或共振论等等不同的理论假说（虽然这些理论分别建基于不同的，甚至相互矛盾的模型）。科学家往往对所研究领域中的各种竞争着的理论或其中的数种理论，采取批判性的兼收并蓄和多方向求索的方针，进而在解决不同问题的时候采用不同的理论；科学家们并不绝对地忠诚于某一种理论，也不绝对地予以排斥，而是注重于它们对解决问题的实际效用。科学家们采取这种态度，似乎有一种机会主义之嫌，但从科学本身的目标来看，采取这种态度应被认为是理智的、合乎理性的。

（6）科学理论通常并不会仅仅因为面临反例而被拒斥，也不会仅仅因为获得了广泛的确证而被接受。它们甚至也不会仅仅因为内部不自恰或与背景理论不相容而被拒斥。在科学的历史上，科学家们往往暂时接受缺乏内部自恰性和外部相容性的理论，而把不自恰和不相容看作是在进一步的工作中待解决的问题。科学理论的优劣必须从与科学目标相联系的多重价值观上予以评价（见本丛书第二分册第七章）。所谓“实践是检验真理的唯一标准”的庸俗哲学，是对科学中检验和评价科学理论准则之理解的一种十分有害的扭曲和混淆。许多此类庸俗哲学家，对科学中理论的检验和评价几乎是完全地无知，却居高临下、指手画脚地宣称这种庸俗哲学能对科学进行指导。

（7）在科学发展历史的不同阶段上，对于与科学目标相联系的多重价值的权重可能不一样，它们在历史上可能发生变化。例如，在牛顿时代的科学更注重于理论与经验事实的匹配，而当科学发展到更成熟的时代，由于理论的高度抽象性，观察经验对于理论的确证与反驳其中间的过渡地带愈来愈宽阔，科学理论的统一性和逻辑简单性就受到了更多的重视（爱因斯坦评价科学理论，重视理论的内部一致性更胜于它的外部证实，是这种趋势的典型表现）。夏皮尔虽然注意到了科学发展的不同历史阶段上，科学方法论观念或准则的变迁，但这个现象原则上是不可能由他的信息域理论获得解释的；夏皮尔的信息域理论对这个重要现象的解释，既模糊又包含了逻辑循环。这个现象只能从与科学目标相联系的历史上的价值

权重的变化来解释。由于历史上对科学的多重价值的权重的变化，所以，历史上不同时代的科学也表现出不同的价值目标的追求。在最原始的状态下，它更注重于实用目标的追求，如原始工艺技术及其经验的积累；进而它可能更注重于寻求现象间的经验规律及其解释（科学理论）；当科学更加成熟的时候，它可能更加注重于科学理论的统一性和逻辑简单性，甚至追求科学之“大一统”。由此，我们也可以理解，为什么对于现代科学中的不同领域、不同层次的理论，它们的方法论原则（包括对它们的检验、评价等等）也会有所不同。当然，必须注意的是，在科学发展的任何阶段上，我们前述的科学目标的三要素都是起作用的，只是在不同的历史阶段上，对它们的权重发生了变化而已。要不然，将仍然不能合理地解释历史现象，尤其是它们的细节。

（8）变革科学理论的动因虽然常常起始于要消化经验的反常，即解决理论所蕴含的结论与经验事实之间的矛盾。但理论变革的更深刻的原因却往往在于追求科学理论的统一性和逻辑简单性的要求。因为经验上的反常总是可以被消化的。但是如果为了消化反常而使理论变得愈来愈复杂，附加的辅助性假说愈来愈多并且愈来愈牵强附会，甚至导致了破坏理论的内在一致性或与背景理论的严重不协调，那么，这个理论或背景理论的危机就加深了，另辟蹊径作新的设想（根据新的模型）以解决问题的愿望将强烈起来，并最终会提出新的能与之竞争的理论来代替原有的被经验问题和概念问题弄得千疮百孔的旧理论。这就造成了库恩所说的“科学革命”（库恩虽然指出了“科学革命”这种重要的历史现象，但却未能说明它的机理）。笔者在拙著《近代科学中机械论自然观的兴衰》一书以及在本丛书的第四分册中，对“科学革命”的机制做出了更合理而详尽的说明。

（9）如前所述，科学中的“问题”是一个派生的概念，它应当被更基本的概念所定义。在日常语言中，“问题”是一个多义词，不加定义地把它引入到科学哲学中来，势必会造成概念的模糊和混乱，影响理论的清晰性和严谨性。劳丹的“解决问题的科学进步观”和他的理论评价模式，其根本的困难就在于此。

（10）尽管评价科学进步的合理性的标准最终应是一组与科学目标相关的价值，但对于科学理论的评价与选择并非不能找到一组相应的方法论准则。这组准则，可以简要地归结为：在相互竞争的理论中，选取相对地具有高度可证伪性、高度似真性和尽可能大的逻辑简单性的理论。这组准

则，与劳丹所提供的评价和选择理论的准则大相径庭。但由于这个问题本身复杂而且重要，我们已在本丛书第二分册第七章中另作讨论。

第五节　科学中产生问题的通道

以往的科学哲学理论不能说明科学的目标与科学问题的关系，从而也不能真正说明科学中何以会产生问题，在什么条件下将产生问题。我们的理论将能对这些问题做出深入的回答。

在前面，我们曾经指出，科学所追求的总目标是如下三项的合取：①科学理论与经验事实的匹配，包括理论在解释和预言两个方面与经验事实的匹配，而这种匹配又包括了质和量两个方面的要求；②科学理论的统一性和逻辑简单性的要求；③科学在总体上的实用性。以上三条可以说是科学在其发展中永无止境的目标。在各个不同时代，各个从事具体研究的科学家虽然不一定都清楚地理解科学的这些目标，但却往往以这些目标的要求作为潜在的预设，从分析各时代的具体的科学背景知识中提出“问题”（指科学探索性问题，下同），在他们所提出的问题中设定了他们所要求达到的具体目标。而这些目标的实现，就成了科学在向其总目标前进之路上留下的无数脚印和大大小小的里程碑。显然，正是这个过程，构成了科学进步的历史。

为了进一步具体地理解科学目标与科学问题的关系，下面我们将做进一步深入的分析。

为了易于理解，我们先以魏格纳提出大陆漂移说的过程为例做一分析。在魏格纳提出大陆漂移说的场合，魏格纳首先面对的问题，显然会是如何解释他所观察到的奇特现象 A_1，即“南美洲东海岸与非洲西海岸之间一凹一凸地相互对应，似乎可以拼合在一起（即 A_1），这是由什么原因造成的呢?”（记作“P_1”）为此，他需要提出某种试探性的理论和假说（TT_1），例如，他猜想“这可能是由于南美洲东海岸与非洲西海岸原来就是一体（联合古陆），后来由于某种原因而分裂并漂移开来了”。这种试探性假说 TT_1，相当于我们在本书下一章“科学中问题的结构与问题逻辑”中讨论问题的求解机制时，所说的那种对于问题的主观解 S_s，也就是我们在本丛书第二分册第七章中所提到的对于问题的“试探性解决方案”。由于从事实到理论并没有逻辑的通道，所以，从提出这一类问题

P_1，到设想出某种解决问题的方案，即寻求这类问题的解，这在原则上是没有逻辑通道的。因为它有时甚至可能产生于某种直觉或突然的顿悟。作为魏格纳所提出的问题 P_1，它的初始的“当前状态” S_{PO}就是某种奇特现象 A_1 知而未释，其“目标状态” S_t 是要求构建一种理论去解释 A_1（这是由于以科学总目标作为潜在的预设而发生的）。TT_1 是作为对于 P_1 的试探性解决方案而提出的，如果 TT_1 能合理地解释 A_1，即与 A_1 相一致，那么 TT_1 就能作为 S_{pe}并且达到 $S_{pe}=S_t$，即解决了问题 P_1。TT_1 就被认为是 P_1 的一个解。对于 TT_1 作为一项研究成果的评价，仅仅需要考察它是否解决了 P_1，而并不需要对如何达到 TT_1 的方法、程序和手段提供说明并对之做出评价。但是，作为一项解释性理论 TT_1 提出以后，势必会暗含一个 TT_1 的解释域①，因此根据科学总目标作为潜在的预设，又会要求 TT_1 与它的解释域中的其余现象相一致（或相匹配）。如果不一致，TT_1 在解决 P_1 时已经获得的似真性就会受到严重的威胁。因此就会产生对 TT_1 做进一步检验的问题。它要求以解释域中的其他相关现象来回答“是否 TT_1”或“TT_1 是否为真（似真性意义上的或与经验事实相一致意义上的真）”。这是一个新的问题 P_1'，它以已有试探性理论 TT_1，并且其真假（似真性意义上的或与经验事实相一致意义上的真假）未经严格检验，作为新的认知过程的“当前状态”，而以检验 TT_1 的真假作为“目标状态”。它相当于波普尔知识增长模式（$P_1-TT-EE-P_2$）中的 EE 过程。在经过了一定的检验过程 EE_1 以后，不管 TT_1 是否在这些检验过程中获得了通过，都可能产生新的问题 P_2。例如，在魏格纳所面临的认知过程中，如果他的 TT_1 在检验过程中获得了通过，那么就会导致这样的进一步的问题 P_2：是什么原因导致联合古陆分裂并漂移开来了呢？由此，又会要求提出某种新的试探性理论 TT_2（势必会是某种涉及地球动力学机制的理论）；如果他原先为解决 P_1 而提出的试探性理论 TT_1 在检验过程 EE_1 中得不到通过，TT_1 被新发现的现象 A_2 所“证伪”，那么它也将会造成另一个新问题 P_2，并要求构建新的理论 TT_2' 去解释 A_1 和 A_2。

一般说来，如果我们把某一科学认知过程从人类认识总过程中暂时隔

---

① 这是作为科学理论的本质特点所决定的。否则，如果它仅能解释预先所要解释的已知现象 A_1，而不能有 A_1 以外的其他逻辑后承，那么，它就将仅仅是一种特设性假说，而不具有任何科学假说或科学理论的资格。参见林定夷《科学研究方法概论》，浙江人民出版社 1986 年版。

离出来的话，那么，这种认知过程粗略地说来将会是这样的：

（1）提出问题的过程。后面我们将分析产生科学问题的八种主要通道。其中的一种类型我们可以大致描述如下：科学家面对着一组已知而待解释的现象 A_1，A_2，…，A_n，它构成这一特定认知过程的“当前状态”；根据我们前面所说的科学总目标作为潜在的预设，科学家就会要求对这一组现象提供（做出）解释，它构成这一特定认知过程的“目标状态”。两者存在差距，由此构成问题 P_1。这就是提出某种解释性的问题（“……为什么”型问题。见本书第四章）的过程。当然，产生问题的通道和所提出的问题的类型可以是各种各样的，这里仅举其中之一。

（2）为了解决 P_1，即为了解释那组知而未释的现象 A_1，A_2，…，A_n，科学家们提出某种试探性理论 TT（注意：为了解释同一组经验事实 A_1，A_2，…，A_n，原则上可以构建出数量上不受限制的多种试探性理论 TT，即 P_1 是可以有多种解的）。通常，任何一种试探性理论 TT 被提出来以后，由于科学总目标的要求，它都会显含地或隐含地预设了它的某个解释域 A，A_1，A_2，…，$A_n \in A$。一个好的试探性假说或理论（我们这里暂不区分“假说”和“理论”这两个词）应当至少能够解释该组已知现象 A_1，A_2，…，A_n。这是试探性地解决 P_1 的过程，即消除 P_1 的目标状态与当前状态的差距的过程。但是，作为一种试探性的科学理论 TT 提出来以后，由于科学总目标（三要素的合取）作为潜在的预设而起作用，科学家们自然会要求它能解释 A 域中的其余现象，甚至要求它能解释 A 域中的所有现象。这就产生了认知过程（3）。

（3）是对试探性理论 TT 进行检验和评价。当然，像我们前面所曾描述的那种检验，仅仅是一种经验的检验。而实际的检验活动，正如我们在本丛书第二分册第七章中所曾经指出，比这要复杂得多。其中包括：检验理论 TT 内部是否自恰？TT 是否真的具有经验内容，抑或它实际上仅仅是一种形而上学理论，因而它不具有科学性质，因为它对 A_1，A_2，…，A_n 的所谓“解释”都是“特设性”的，因而它对 A_1，A_2，…，A_n 的“解释”并不具有科学解释所必须具有的特征？以及检验这个理论 TT 与背景理论中已具有高度似真性的基础理论是否相容？（例如，为了解释联合古陆分裂和漂移而提出的某种地球动力学理论，与背景知识中已获得公认的物理学理论是否相容？）因为科学理论的统一乃是科学的一个目标，所以一旦出现某种不相容或不一致，都会造成问题，它或者要求否定所提出的

试探性理论 TT，或者要求改变背景理论。此外，还会要求检验和评价此理论 TT 是否比其他竞争理论更好，其中包括它的逻辑简单性是否能令人满意等等。至于对试探性理论 TT 进行经验检验来说，它作为一个特定的认知过程，其中心是围绕着问题 P_1'，即“是否 TT”来进行的。P_1'的“当前状态”是已有理论 TT，而其真假（与经验相一致意义上的“真假”）尚未受到严峻检验，而其“目标状态”则是要检验理论 TT 的真假，至少也要检验出 TT 对于它所预设的解释域 A 中适用性的好坏。之所以需要做这种检验，显然是受到科学总目标之（1）作为潜在的预设所制约的。其检验的方式通常是：在理论的指导下，通过实验或观察发现 A_{n+1}，A_{n+2}，…，A_{n+m}，而 A_{n+1}，A_{n+2}，…，$A_{n+m} \in A$。若 TT 与一定的背景理论相结合，能合理解释甚至预言 A_{n+1}，A_{n+2}，…，A_{n+m}，则认为 TT 在这一定程度的检验过程 EE 中获得了通过，或被确认；若根据一定的背景理论，认为 TT 与其中的某些 A_i（$n<i\leqslant m+n$）相悖，则在这种背景理论之下，则将认为 TT 被“证伪”了；除非科学家转而质疑背景理论中的相关理论的有效性，才能继续为 TT 辩护。但不管 TT 在检验中是否获得了通过，都会产生新的问题，即导致新的认知过程（4）。

（4）提出新的问题 P_2。

这样的过程还会继续下去。

通过以上分析，可明白显示我们已经提示过的两个重要结论。

（1）问题是科学研究的灵魂，或者如尼克勒斯所言：“问题的形成和解决是科学研究的真正核心。”

（2）它表明了我们所提出的科学进步的三要素目标模型不但在一般的科学认识论和方法论上有重大价值，而且特别在问题学的研究上有重大价值。因为它表明：在认知过程中形成问题总是与智能主体所要求的“目标状态”相联系的；而在科学研究中，任何科学问题所设定的具体目标，又总是受到科学总目标（三要素）的预设所制约的，是由它所派生的。而正是这些科学问题的不断形成和解决构成了科学的进步。

波普尔曾经描述了科学和知识增长的简要的模式：$P_1-TT-EE-P_2$，并且强调指出，“科学和知识的增长永远始于问题，终于问题——愈来愈深化的问题，愈来愈能启发新问题的问题”。我们以上的讨论，可以看作是对波普尔的知识增长模式的某种发展和补充。因为波普尔的这个模式固然是合理的，但只有当它与合理的科学目标模型相联系时，才能赋予它以

更深刻的内容。

在本分册第一章中，我们曾经从波普尔的“三个世界”的意义上指出：“关于‘问题’如何产生，我们显然可以从两种不同的角度上进行研究。第一是从‘客观的第三世界’的角度上进行研究，看看在那个‘自主的’‘思想的客观内容的世界’里，‘问题’是如何产生的。第二是从‘第三世界’是‘第二世界’即人的精神状态的世界的产物的角度上进行研究，看看作为‘第三世界’之重要成员的‘问题’和‘问题境况’是怎样与人的精神状态相联系而被产生的。”在本分册第一章第四节中，我们已经从第二种角度上，即从与‘第二世界’或人的精神状态的世界相联系的角度上探讨了‘问题’如何产生。现在，我们则是要从‘第三世界’内部来讨论‘问题’如何产生，看看从第三世界的内部关系角度上，“问题”是如何产生的。

根据我们对科学目标和科学问题的理解，科学问题应是已经客观地存在于科学理论和背景知识之中的。一种科学理论一旦被创造出来，那么其中所存在的问题（如概念模糊和理论中的逻辑矛盾），以及它与其他理论之间、它与经验事实之间的关系上的问题就已是客观上存在的，只待我们去发现了。当然，这种发现，仍然需要我们通过对科学理论和背景知识的分析才能达到。而这种发现（发现问题）本身就已构成了科学的进步，并且成为科学进一步发展（解决问题和提出进一步的问题）的动力。所以提出科学问题，特别是提出正确的科学问题，在科学发展中是一件至关重要的事情，以至于许多科学家都强调提出科学问题的重要。费米强调，作为一个学生，要会解答习题；而作为一个研究工作者，则要善于提出科学问题。海森堡则进一步强调：“提出正确的问题往往等于解决了问题的大半。”①

那么，从“客观知识”内部诸要素的关系来看，科学研究中是如何提出问题的呢？它的产生有哪些主要通道呢？十分明显，只要我们牢牢把握住科学的“三要素”总目标，那么从“第三世界”或“客观知识世界”的内部关系来看，我们就容易明白，科学中在什么条件下将产生问题，从而我们也就容易明白，在科学中，产生科学问题的主要途径有哪些。

---

① 海森堡：《物理学与哲学——现代科学中的革命》，科学出版社1974年版，第7页。

扼要的说来，科学中产生科学问题的主要途径有以下几种：

（1）寻找经验事实之间的联系并做出统一解释。

这是提出科学问题的最基本的通道，也是建立科学理论或假说的最基本的出发点。既然科学的目标是寻求科学理论与经验事实的匹配，包括理论在解释和预言两个方面与经验事实的匹配，因而在科学的发展中，科学家决不会仅仅以获得种种关于经验事实的单称观测陈述为满足；按照已经指出的科学目标的要求（正如我们在第三章第二节已经论证过的，科学目标的这些要求在更深的根源上是建基于人类的“先天本性”的），科学家必然会寻求对这些相互分离的经验事实的统一理解。然而，如何对这些相互分离的经验事实做出统一理解呢？于是在问题的驱使下，寻求规律（经验定律，科学规律）的任务就被提到了科学家的面前。但这样获得的经验规律只能覆盖非常有限范围内的相关的经验事实，并且这样获得的许多经验规律（定律）也是相互分离的，它们之间完全没有逻辑上的统一性。在科学目标的驱使下，建立科学理论的任务就被提到议事日程上来了。于是科学家设想在那些现象的背后有某种统一的机制在那里起作用，构建理论使那些原来相互分离的科学定律获得统一的解释。科学中的各种理论可能各自解释一类现象，但这些理论之间却没有逻辑的统一性。在科学的“三要素”目标作为潜在预设的驱使下，科学家往往不会满足于这种状况，他们会去努力寻求这些不同理论之间的统一性，正如当年牛顿理论解释了一大类现象（力学现象），麦克斯韦理论解释了另一大类现象（电磁现象），但这两种理论之间却没有逻辑的统一性，这时，科学家（如爱因斯坦）就提出问题并做出相应努力，终于建立起更广泛的理论（狭义相对论）使前两种理论所覆盖的领域获得了更加统一的解释。

科学中的规律、理论或假说的最基本的直接的目的就是要寻求一定范围内的经验事实间的联系和统一解释。所以，像这样提出的问题，实在是（或曾经是）最基本的科学问题。通过其他途径所提出的科学问题实际上都是它的某种折光。这种问题在科学中是常见的。

例如，各种化学元素以前曾经被一个个地孤立地发现和研究，但在进入 19 世纪以后，当时所发现的化学元素已不下 28 种之多，并且在数量上还在不断地增长。这时，人们就提出问题：各种化学元素之间难道没有“内在联系”吗？从那时起，科学家们就想统一解释各种化学元素。先有 1815 年所提出的普劳特假说。以后，段柏莱纳（1829 年三组素假说的提

出者）、牛兰兹（1866年“八音律”假说的提出者）、门捷列夫（1869年元素周期律的提出者）都是围绕着这类重大课题进行研究的。又如，进入20世纪以后，基本粒子最初也是被一个个相对孤立地发现和研究的，但随着新发现的基本粒子数目的增多，科学家们就提出问题：这些基本粒子之间有什么内在联系呢？此后，关于夸克的研究也走上了这条道路。

试图从经验事实中进行某种概括，寻求经验事实之间的联系和统一解释，以及寻求理论之间的更广泛的统一，常常导致科学中的奠基性的工作。但是，在科学的历史上，科学家们常常并不都是这样工作的。因为在他进入研究工作之前，在他所从事的研究领域中，理论方面并不是一块完全无人耕耘过的处女地，而是已经有其他理论解释着相关的现象。所以，科学问题通常还通过其他多种途径而被提出。

（2）已有理论与经验事实的矛盾。

既然科学目标的一个重要指向是理论与经验事实相匹配（一致），所以每当科学理论与经验事实不相一致（或矛盾）的时候，就将构成问题。这时，作为问题的“目标状态”是理论与经验事实相一致，而其“当前状态”则是理论与经验事实不相一致，两者构成差距，因而就构成问题。这类问题同样将构成科学进步的动力。

在科学中，某种新的事实和现象被观察到了，这种新事实或新现象是在某种原有理论的解释域之内，然而原有理论却解释不了这种新的事实和现象，这时，就会使原有理论面临难题或危机。如何用原有理论来解释这个难题，或变革原有理论来解决这个危机？常常引导人们进入研究并作出重大发现。例如，历史上关于天王星实测轨道与按牛顿力学所计算的理论轨道不符，就曾经使牛顿力学面临难题或危机，为了解决这个难题或危机，后来导致了勒味烈的假说并通过伽勒发现了海王星。20世纪初，在β衰变实验中发现电子所带走的能量要小于原子核所释放的能量这个实验事实，也曾使能量守恒定律面临难题或危机，为了解决这个难题或危机，导致泡利的中微子假说和后来关于中微子的发现（以上这两次危机都是通过引入辅助假说来维护原有理论而获得了解决）。又如，黑体辐射、光电效应等新的实验事实与经典物理的能量连续理论不相容，使经典物理面临难题或危机，导致了量子论的产生等等。值得注意的是，所谓新事实与原有理论相矛盾，这种新事实通常都是机遇发现的，或者其结果是出乎意料的。因为，这种新事实既然与原有理论相矛盾，因而通常都不是原有理

论所能预言，所以它们在不同程度上都会有“出乎意外”的性质。而能不能抓住机遇，捕捉（或）发现新事实，又与是否能提出问题密切相关。只有提出问题才能真正把它当作新事实来对待。然而，像这样地提出科学问题本身乃是对科学背景知识掌握和分析的结果。伦琴发现涂有亚铂氰化钡的纸屏上发出荧光，以及照相底板被感光，将机遇当作新事实抓住不放，这是因为他掌握背景知识（原有的物理理论），通过对背景知识的分析，明确眼前的事实是原有理论所不能解释的，然后他才能把它当作新事实来对待，并从中引出具有 D[Bs(t)，P] 值性质的问题。历史上弗莱明发现青霉素的情况也一样。如果换成另一个门外汉，他就不可能发现眼前的事实是一个新事实，因而也就不可能提出科学问题。这时，他充其量能够像一个小孩一样作为知识性疑难而提出某种仅仅由于不懂而引发的“表浅问题”。能够发现新事实，即使是机遇中发现的新事实，从而对旧理论提出质疑，提出科学问题，始终都是对科学背景知识进行分析的结果。因为在科学实验和观察中发现一种新现象的困难，常常并不在于你是否观察到了某一种新现象，而在于能否判明你自己所观察到的现象是一种新现象。科学实验和观察中的机遇是经常存在的，但谁能抓住机遇，就看谁能把偶然遇到的现象与背景知识联系起来进行分析（即使是初步的分析，甚至是依靠直觉）。

（3）多种假说之间的差别和对立。

有时候人们并不是从理论与事实之间的矛盾中引出问题，而是从相互并存的多种假说中发现它们的差别和对立，从中引出孰是孰非、孰优孰劣的问题。在科学中，对于同一个现象范围内的许多事实，常常可以建立起多种理论（假说）对它们进行解释。它们可能都有困难，但对于某一现象范围内的事实，相互对立的假说也有可能很好地做出解释。例如，在光学史上，仅就几何光学的现象范围来说，波动说和微粒说都能很好地进行解释，而且在这个现象范围内，两种对立假说的预言都能被证实。这两种对立的假说孰是孰非、孰优孰劣呢？这种问题常常导致所谓的“判决性实验”的设计，或进行新的理论探索。一个科学工作者，或者一位学习科学的大学生、研究生，要想活跃自己的学术思想，善于提出问题或发现问题，就要善于从不同的科学论文，甚至不同的教科书的比较中，发现它们对同一问题的不同回答，或者各种回答之间的实质性的差别。这种差别，有利于启发思想，引导独立思考，使学者进入研究。显然，这样提出

问题，是以对科学理论的检验和评价为基础的。而正如我们所已经指出，对科学理论的检验和评价，正是以科学总目标（三要素目标）作为预设而发生的。

（4）一种理论体系内部的逻辑矛盾。

显然，既然科学追求科学理论的统一性的目标，那么任何科学理论的内部如果包含有逻辑矛盾，肯定会引发问题。

在科学中，揭示出某种科学理论体系内部的逻辑困难或逻辑矛盾，从而向这种科学理论体系提出疑难和诘难，这是产生科学问题的又一个重要的途径。在自然科学中，一种科学理论体系内部常常存在着逻辑上的困难。它或者表现为逻辑上的跳跃或推理上的不严密，表面上的“逻辑结论”实际上并不能真正从前提中导出；或者表现为一种理论在逻辑上不能自恰，甚至从同一组前提出发，却导出了相互矛盾的命题，从而造成科学中的所谓的“佯谬”或“悖论”；还有的则是推理的前提本身并未获得适当的证据的佐证，以致使得整个推理建立在沙滩上。

科学中的这种逻辑困难常常是被理论上的“严密性”的表面光华所掩盖着的，特别在教科书上是如此。揭示这种困难就是向原有理论挑战，它常常有利于理论的进步和新事实的发现，甚至成为引起科学中革命性变革的开端。例如，在发现了电子和原子有核存在以后，卢瑟福为了解释相关的现象，曾在经典电动力学的基础上提出了原子结构的“小太阳系”模型。但是，深入进行逻辑分析，马上就发现了其中的困难，因为根据经典电动力学理论，在这种模型之下，绕核旋转的电子必将不间断地向外辐射电磁波而连续地丧失其能量，电子的轨道半径必将愈来愈小，最后必然会绕一条螺旋线的轨道，迅速地掉落到核上，其寿命不会超过 10^{-8} 秒，而这又显然与现存物质由原子构成的假说相矛盾。这个矛盾的揭露推动了波尔的半量子化轨道理论的提出。在科学的理论中甚至还常常蕴涵着悖论或佯谬。揭露出这种悖论或佯谬，常常对这种理论的变革或进步带来巨大的原动力。伽利略根据意大利数学家格·巴·班纳带蒂在《多种多样的沉思》一书（1586）中所提供的思路，揭露亚里士多德动力学原理的悖论，为打破人们对亚里士多德动力学的迷信，进而为伽利略 – 牛顿动力学体系的创立开创了重要的前提。因为依据亚里士多德的动力学理论，物体运动的速度与物体所受的力的大小成正比，所以重物下落的速度与物体的重量成正比。伽利略通过设计一个思想实验，从亚里士多德动力学的前提

出发，把它引向了悖论，从而驳倒了亚里士多德的动力学理论。伽利略指出，如果有一个重物 M_1 和一个轻物 M_2 同时下落，那么按照亚里士多德理论，重物的下落速度 V_1 就应当大于轻物的下落速度 V_2。那么，如果我们把重物 M_1 和轻物 M_2 捆绑在一起，它又将会以什么速度下落呢？按照亚里士多德理论，就应当得出两个相互矛盾的推论：①$M_1 + M_2 > M_1$，所以它的下落速度应当大于 V_1；②M_1 要以较大的速度 V_1 下落，但 M_2 要以较小的速度 V_2 下落，因此后者对前者的下落速度将起一种抵消的作用。所以捆绑在一起的二物将以速度 V 下落，而 $V_1 > V > V_2$。伽利略揭露亚里士多德动力学的悖论，对于发现落体定律，进而建立近代的力学理论起了重大的作用。在相对论的发展过程中，著名的所谓“双生子佯谬”的提出和解决，对于相对论理论概念的严格化起到了重大的作用。在有的科学理论中，其理论体系的逻辑似乎是严密的，但其推理的前提常常缺乏经验事实的佐证。由于前提缺乏佐证，因而其推理也就缺乏牢固的基础。整个牛顿力学是以牛顿的绝对时空观为其前提的。牛顿为了证明绝对参照系的存在，曾经设想了一个水桶实验（思想实验）来予以论证。但是马赫却对水桶实验进行批判，从而证明，并不能从水桶实验中得出存在绝对参照系的结论，指出了牛顿的绝对时空观完全缺乏经验的佐证。这个逻辑上的困难的揭露，大大启发了爱因斯坦关于相对论思想的提出。要求得科学理论的进步，就必须不断地揭露其中的困难，其中包括它在逻辑上的困难。一个善于进行创造性思维的科学工作者，在学习和研究科学中的既有理论时，一定要善于进行这种精神操作，揭露其中的种种逻辑困难。贝弗里奇曾经指出：一个将要从事研究的学生，“假如他在学习的过程中不曾注意到知识的空白或不一致的地方，或者没有形成自己的想法，那么作为一个研究工作者，他是前途不大的”①。

（5）不同学科的理论体系之间的矛盾。

与前一种产生科学问题的通道相似的是，通过不同学科的理论体系之间的矛盾提出疑难和问题。十分明显，以这种方式产生问题，同样是由于科学追求科学理论统一的目标所使然。

在科学中，常常有这样一类现象：不同学科中的理论各自解释了一大类现象，但它们在相互之间却存在矛盾。例如，生物进化论和热力学的建

---

① 贝弗里奇：《科学研究的艺术》，科学出版社 1979 年版，第 9 页。

立都是19世纪自然科学的伟大成就，它们在各自的范围内都解释了广泛的现象，建立了相对严密的理论体系。但仔细分析这两种理论的基本原理却发生了困难，乍看起来，这甚至是逻辑上难于统一的困难。因为这两种观念都具有一般世界观的意义。热力学第二定律表明，任何孤立系统的熵将不断趋向于极大。而系统的熵与系统的组织化程度密切相关。熵增意味着系统的无序化和组织程度的解体，熵减才意味着系统的有序化和组织程度的提高。而一个物质系统由低级到高级的发展、进步、进化，就是这个系统的有序化和组织化程度不断提高的过程。这样，热力学第二定律所提供的世界时间箭头是一个不断衰退的时间箭头，然而进化论（生物进化论、地质进化论等）却提供了一个相反的时间箭头，它表明我们所处的世界是一个不断由低级向高级发展的进化的过程。这两种时间箭头如何统一？热力学第二定律和进化论如何统一？这些困难和问题长期以来绞尽了科学家们的脑汁，以至于有些人竟然想逃避这个困难和问题，干脆简单地认为热力学第二定律不适用于生物学领域。但是这种从逻辑上所导出的困难和问题毕竟是不可回避的。只有敢于深入揭示其中的困难和问题的人才能解决这些困难和问题。经过科学家们的长期努力，这些问题，终于由比利时科学家普里高津通过对远离平衡态的统计力学的研究，提出了耗散结构的理论，才对这些问题做出了初步的合理的回答（普里高津为此获得了1979年诺贝尔科学奖）。

在科学中，不同学科的理论原理之间的矛盾（它们不一定是严格意义上的逻辑矛盾）并不是罕见的。当然，要从这个方向上提出科学问题，常常需要研究者掌握更加广泛的科学背景知识。

（6）追求理论普适性和逻辑简单性的需求。

正如已经指出，追求科学理论的普适性和逻辑简单性是科学的一个目标。事实上，追求科学理论的普适性和逻辑简单性是自古以来自然科学的一贯传统。能不能用一种统一的方式来解释天体的视运动？哥白尼建立了太阳中心说，并要求数学家、天文学家接受他的意见。但其理由则只是说，他的体系比托勒密的那种由许多本轮和均轮所构成的体系要简单得多。确实，当时哥白尼只能这样提出理由。这不但是因为他的太阳中心说在当时并没有被“证实”，这个体系在直觉上也不比地球中心说更容易与人的直觉经验相符合，而且在观测精度上也不比托勒密体系符合得更好（因为当时哥白尼体系所设想的行星轨道是圆形轨道）。当时所能知道的

它的唯一优点就是这个体系在数学上的和谐和简单性。而这一点也正是他要求变革托勒密体系时的出发点和所追求的目标。实际上，后来刻普勒修正哥白尼体系，提出行星运动三大定律时，他所追求的也是这个目标。牛顿曾经感叹“几何学的辉煌之处就在于只用很少的公理而能得到如此之多的结果”。用尽可能少的公理而得到尽可能多的与经验相符合的结果，也正是牛顿建立他的经典力学体系时所追求的目标。这个目标，用一句话来说，就是追求理论的普适性和逻辑简单性。爱因斯坦也曾经强力地为这个目标所鼓舞而提出他的科学问题并寻求解答。可以说，他的狭义相对论和广义相对论都是寻求科学理论的普适性和逻辑简单性的产物。追求这种理论的普适性和逻辑简单性，是科学方法论中的一个十分重要的原则，包括牛顿和爱因斯坦在内的许多著名科学家，对于这一点都是十分自觉的。

（7）为了验证假说和新发现的事实而提出对它们进行检验的问题。

这同样是由科学目标作为潜在的预设所驱动的，特别是由其中的目标（1）所驱动的。科学中一个新的假说被提出来了，但这个假说是否正确或是否适当呢？通常就要从这个假说中做出尽可能多的可观察的预言（检验蕴涵），然后设计一定的实验或观察对之进行检验。自然科学中，一般总是通过实验和观察来检验理论的。但问题在于：你通过实验和观察所获得的实验观察事实可靠吗？如何来检验你或别人所报道的实验观察事实的可靠性呢？如何通过实验和观察来检验假说以及如何检验一件所报道的新发现的事实的可靠性，常常是科学研究中十分细致而巧妙的事情。它们构成了科学工作者中的一支重要的方面军——实验科学家的主要工作。

（8）根据生产和实际生活的需要而提出种种实用性或技术性的问题。

显然，这同样是由科学目标，特别是其中的（3）作为潜在的预设而驱动的。这类问题通常并不是从理论自身的矛盾中提出的，也不是从理论与经验事实的矛盾中提出的，而差不多只是从生产和实际生活的需要中提出某种目标，而向科学征询实现它的可能性并把这种可能性转化为现实性；或者是由于在理论的启示下展示了它的某种实际应用的可能性而探索它的现实性或如何实现的问题。这类问题通常就构成了应用科学和技术科学方面的研究内容。例如，在无线电研究中，为了提高选择性与灵敏度，就要求有较大的天线，但天线增大就会在实用上带来不便，特别在军事上不便于隐蔽和转移。于是，就从实用上提出了问题：能否使无线电天线既缩小体积又保持良好的性能呢？它要求科学回答这种可能性并使这种可能

性转变为现实性。这就是应用科学研究的课题。然而，这种应用科学和技术科学的课题的研究，并不是与基础科学理论的研究无关的。一方面，在这些课题的研究中要应用基础科学理论或受基础科学理论的启示，这是毫无疑问的。另一方面，已有的基础科学理论常常满足不了它的需求，或者在它的实验研究中发现了新事实，从而大大地推动基础科学的理论研究。

劳丹曾经用心地讨论过在什么条件下将产生经验问题和概念问题（参见本书第一章第三节）。但他从未指出过仅仅由于追求科学理论的逻辑简单性也能产生问题，而且这样产生的科学问题很难归结在他的概念问题或经验问题的框架之内。所以，劳丹关于问题分类的观念是不全面的。我们以上所列举的八种产生科学问题的条件或通道，虽然仍然可能没有做到全覆盖，但十分明显，我们所已经列举的这些条件或通道，无疑已涵盖了科学中产生科学问题的最常见和最主要的条件或通道。显然，所有这些产生科学问题的条件或通道，都是与科学所追求的目标（三要素目标）相联系的，除了这八种通道以外，其他未被我们细列的产生科学问题的通道，也必然都是与科学所追求的这三要素目标相联系的。

从以上的讨论中我们也可以看到，科学目标的讨论对于科学哲学，特别是对于“问题学”的理论研究是多么重要。正如我们已经指出，科学目标的问题，可以看作是科学哲学，特别是“问题学”研究中的一个影响深远的基本问题。人们谈论科学的“进步”，无非就是向着科学的总目标的前进；人们谈论科学的“方法”，也无非就是实现目标的手段。科学中“问题”的产生，更是与科学目标密切相联系的。在各个不同的时代，各个从事具体科学研究的科学家，虽然他们不一定都清楚地理解科学的总目标，甚至受传统观念的影响而相信某种虚幻的（如相信科学追求与世界背后的实体相一致的本体符合论意义下的“真理”）目标，但在真正的实际的研究工作中，他们却往往要以科学发展的三要素总目标的要求作为潜在的预设，从分析各个时代的具体科学理论和背景知识中提出“问题”，在他们所提出的问题中设定了他们所要求达到的具体目标。而这些目标的实现，就成了科学向着它的总目标前进的长征路上留下的无数脚印或大大小小的里程碑。这也就是说，在科学中，每一个具体的科学问题的形成，固然总是确立它的具体的目标，但这些目标只不过是科学总目标在一定历史阶段上的具体化或实现这些总目标的日常细目。

第四章　科学中问题的结构与问题逻辑

从前面的讨论，已经可以看到，“问题”是科学认识论和方法论中的极其重要的范畴。因此，进一步深入地讨论科学中问题的结构和问题逻辑，无疑在科学的认识论和方法论上有着十分重大的理论意义和实际意义。也因此，深入讨论科学中问题的结构与问题逻辑，无疑应当成为“问题学”的理论研究中的重要内容。

在前面第二章中，我们曾对“问题”以及有关的其他概念做出过如下定义：问题 = df 某个给定智能活动过程的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距；问题求解 = df 设法消除给定的智能活动过程的当前状态与智能主体所要求的目标状态之间的差距；疑难（puzzle） = df 求解的理想与智能主体当前能力的差距。“疑难”也是一种“问题”，如果我们把智能主体的当前能力看作是智能活动过程的“当前状态”，把对问题的求解理想看作是智能活动过程的“目标状态”，那么任何“疑难”就都可归化在“问题”的定义之下。只不过它是表明主体能力与求解理想存在着差距这一性质的问题。根据问题所构成的疑难的负荷者性质，我们也可以把它分为两类，一类可称为知识性疑难，它可以仅仅产生于对背景知识的无知，而不必一定是产生于对科学背景知识的分析；它所反映的只是对所提问题的求解理想与个别智能主体当前能力的差距。另一类疑难则称为科学探索性疑难，它产生于对科学背景知识的分析，反映当前科学技术背景能力对于所提问题的求解理想的差距。这类疑难常常吸引住科学家们的注意力，从而成为各个时代科学探索的真正对象。科学家们正是通过提高科学技术背景能力（技术、仪器、知识、方法等因素所显示的能力）的方式，来设法消除构成疑难的问题所表明的给定过程的当前状态与所要求的目标状态之间的差距。所以，正是这类疑难和构成疑难的问题才真正成了所谓的“科学问题”（$P_s = P_{se} + P_{su}$）。这种“科学问题”的提出，本身就意味着知识的进展，甚至它本身已构成了科学中的“发现”（发现问题），它在科学发展中有着重大的意义。当然，所谓的知识性疑

难与科学探索性疑难并不是决然不同的两类疑难，它们只是对于疑难的负荷者不同来予以区分的。例如，对于某个智能主体（如某个科学家或科学家小组）而言构成了疑难的问题，很可能同时也体现着当前科学技术背景能力与此问题的求解理想存在着差距，因而它同时也构成了科学探索性疑难。当然，任何一个具有科学探索性疑难的问题，对于当时的任何智能主体一定也构成疑难，但对于某智能主体构成了知识性疑难的问题，却未必一定具有科学探索性疑难的性质。

国内外的逻辑学界都已在讨论着“问题逻辑”，但就目前所见到的资料来看，这些所谓的“问题逻辑”，其实往往是一些“问句逻辑”（logic of questions）。然而从科学方法论的意义上，重要的却是问题逻辑（logic of problems）。本章中，我们将在已给出的概念和定义的基础上，着重讨论问题的逻辑，旨在从形式上揭示出“问题”的最一般的结构及其基本要素，进而讨论问题的等价转换的条件，问题求解的（形式上的）机制，以及科学研究过程中经常会发生（或遇到）的真问题和伪问题、正确问题和错误问题的区分及其判据等等。

第一节　问题的类型和问题的指向，问题形式的归约

在科学中，“问题”通常总是（或者可以）用疑问句的形式表述出来。当然，应当指出，根据我们所表述的“问题”概念及其的定义，问题并不必然要用疑问句来表示，它也可以用祈使句的形式表示出来；祈使句能恰当地表述智能活动过程的目标状态与当前状态的差距。它也能用陈述句的形式表示出来，即用一组陈述句来说明目标状态与当前状态存在着差距。但为了研究问题的最一般的形式结构的方便，我们不妨还是先研究一下用以表述问题的问句形式。

问句形式可以分为两大类：①一般疑问句形式；②特殊疑问句形式。我们暂时先给出它们的粗略的（贫乏的）形式，以便于讨论。

一般疑问句的普遍形式可以归结为“是否 S?”，它可以简要地记做“E（S)?”。其中 S 为一陈述句。对于一般疑问句所表述的问题之求解，就是要对其中的陈述句 S 做出“是”或“否”的回答，即对 S 的真值作出判定。通常我们所见到的反意问句或选择问句，都只不过是一般疑问句

的特殊形式。反意问句："是S，不是吗?"其实不过是"是否S?"的强调形式。至于在某些上下文中，人们借助于反意问句强调对陈述句S的肯定，则这种反意问句虽然具有问句的形式，却并不表述问题，因为对于发问者来说，并不存在疑惑，相反，却表述着发问者对问题的肯定的答案；也就是对于发问者来说，作为智能主体的当前状态与问题所要求的目标状态之间并不存在差距，他所要向说话对方表达的是对问题的肯定的答案，因而也不存在求解的问题。至于选择问句："是S_1还是S_2?"也可以看作是"是否S?"的并列句（析取），只不过在这里还包含了某种有明确限定的"应答域"预设罢了（关于"应答域"这一概念，我们后面将要涉及）。

特殊疑问句具有多种多样的形式。在自然科学中通常主要涉及如下三种特殊疑问句：①"……是什么?"（What型）；②"……为什么"（Why型）；③"……是怎样的?"（How型）。当然，还可能涉及其他问句类型，如问"何处?（Where型）"、"何时?（When型）"等等。在社会科学中还可能涉及"……是谁?"等等，但是，主要的和常见的却是以上这三种类型。至于"……是谁?"这种问句，也完全可以归结在第一种类型（What型）之下，所不同的只是在内容上一个涉及人，一个涉及物，但在形式结构上却是完全相同的。

问句是用以表达问题的语句形式。在任何完整地表述的疑问句中，都包含有疑问词和语法上的符号"?"（问号），问句中的疑问词连同问号"?"一起可称作问题的"疑项"。问题的形式类型与表述它们的"疑项"的类型是直接相关的。但是，在任何完整地表述的疑问句中，不但包含有"疑项"，而且还必须包含有"问题的指向"。所谓"问题的指向"，就是问题所指向的研究对象。在一般疑问句中，陈述句S的真值就是问题的指向。问题的"目标"就是要对陈述句S赋予确定的真值（真或假）；而疑项"是否?"则是表示作为研究对象的陈述句S的真值与它的可能的应答域之间的关系上的某种不确定，实际上是用以表明智能主体的当前状态与目标状态存在着差距。至于在特殊疑问句中，"问题的指向"其情况比较复杂，需要通过问题的等价转换来讨论。

下面我们先讨论与特殊疑问句相联系的几种问题类型，然后讨论它们的转换。与特殊疑问句相联系的主要问题类型有：

第一类问题："……是什么?"

这类问题要求对研究对象进行识别或判定，其答案是关于事实的陈述。其求解的特点在于：设有某一研究对象或对象类 X（X 可以看作是一个集合），求解“X 是什么?”的问题，实际上是要求得到另一个集合 Y，使满足 $X \subseteq Y$。为了往后讨论将要涉及的“问题的转换”的方便，我们暂时可以粗略地（贫乏地）把“X 是什么?”这种类型的问题简要地记做“(X) $\overline{?}$”。这里的 X 是变项，代表问题所指向的研究对象，即问题的指向，在语法上它是句子的主语。符号“$\overline{?}$”代表这类问句中的特定的疑项，即疑问词“什么”（What）与问号“?”的联合，它与系动词“是”的符号“(　)”一起共同构成了句中的谓语。在这种形式中，如果我们把一个特定的研究对象（或对象类），如“电子”、“遗传基因”代入这种问句形式“(X) $\overline{?}$”中的变项 X，那么它就变成了一个具体地要求回答的问题。但是如果 X 尚未被特定的研究对象代入，即 X 尚无确定的含义，则“(X) $\overline{?}$”只是一种问句形式，并不构成真正的问题。

第二类问题：“……为什么?”

这类问题是要求回答现象（或现象类）的原因或行为的目的。在自然科学中，它通常就是要求对某种事实陈述或规律陈述做出“为什么”的回答。由于在自然科学中一般地排除“目的论”的解释，所以“为什么”的问题一般地就是要求回答原因。在生物科学中常常容忍目的论的解释，但这种目的论的解释被认为也就是原因的解释。由于科学中对于现象或规律的“解释”总是因果性的解释，所以，科学中凡是寻求“解释”性的问题，都是这种第二类问题，即“为什么”型的问题。求解这类问题的特点是：或者通过发现现象背后起作用的规律，或者通过发现或判明对于产生现象起作用的未知的条件，或者通过对现有科学背景知识中的已知规律和资料的相关性的理解，使答案满足某种演绎的结构。这种演绎结构通常具有两种形式：

（1）规律解释，其结构是

$$\begin{array}{ll} L: & (X)(F_x \rightarrow G_x) \\ C: & F_b \\ \hline \therefore E: & G_b \end{array}$$

其中，L 是规律陈述，C 是条件陈述，E 是被解释项。通过这样一种演绎结构从而对为什么有 G_b 获得了某种因果解释。

（2）结构解释，它是包含某种机制性理论在内的更深层的解释。其一般性解释结构是

$$
\begin{array}{c}
(X)\ (F_x \rightarrow M_x) \\
(X)\ (M_x \rightarrow G_x) \\
F_b \\
\hline
\therefore \quad G_b
\end{array}
$$

其中 M 表示某种机制。不难看出，结构解释同样是一种含规律的解释。所以，科学中对“为什么”问题的回答总是必须含规律的。当然，当我们默认某种规律的时候，也往往采取省略的形式，即仅仅通过以做出某种条件陈述而省略了规律陈述的简略形式就算回答了某种“为什么”的问题。①

第三类问题：“……是怎样的?”

这类问题要求描述所研究的对象和对象系统的状态或过程，是一种描述性的问题。其答案应是一个事实陈述的有序集。但这类描述性答案不包含演绎推理，描述并不回答“为什么”的问题。这类问题求解的特点将在后面涉及。

但是，在自然科学中，后两类问题实际上都可以还原或归化为第一类问题。例如：“为什么”类型的问题，实际上可以还原为“对象的原因是什么”的问题。设有某种（或某类）对象或现象 P，问“为什么有 P”那就无异于问“P 的原因是什么”。今若令 X = P 的原因，即以 X 表示“P 的原因”，则这类问题就自然地转化为“$(X)\ \bar{?}$”的形式。这里的 X 仍然是意指原有问题所指向的研究对象。所以，在这里，问题的形式类型和表述问题的语句形式虽然发生了变化，但问题的指向实际上是不变的；随着问题的类型的变化，它的“疑项”——主要是疑问词——虽然相应地发生了变化，但所要寻求的“解”却是不变的。所谓问题的“解”，就是对于问题的一种正确的回答。问题的“解”是和“问题的指向”相对应的，它是潜在地由“问题的指向”所决定的。问题的“疑项”决定问题的类型，但是我们可以通过适当的方式转换问题的类型，使问题的指向和问题的解保持不变。如果在这种问题的转换中，我们又能同时保持问题的

① 参见林定夷《科学研究方法概论》，浙江人民出版社 1996 年版。

“应答域”和“解题规则”不变，那么，这种问题的转换只是等价的转换。分析表明，这种第二类型的问题是完全可以等价地转换或还原为第一类型的问题的。当然。由于问题的形式类型有了变化，因而它们的答案的形式也会要求有相应的变化。对于“……为什么?”的问题，其答案应满足演绎的结构，而对于“……的原因是什么?”的问题，其答案则只是某种事实陈述。尽管两种形式的答案其实质内容并不变。

第三类问题同样可以通过变换和分解而还原为第一类问题。如问“太阳系的结构是怎样的?”这个问题，实际上就可以分解或还原为如下一系列问题的集合：“太阳系的中心是什么”“它的各个行星是什么”“各个行星在轨道上运行的规律是什么”“它们间的相互作用是什么”等等。因为，凡“……是怎样的?”这种类型的问题，它所要回答的是对象或对象系统的状态及其变化，而这种状态及其变化总是可以分解为它的组成、性质和关系是什么这样的问题的，并且实际上也只能通过对它的组成、性质和关系（包括其中所遵循的规律）是什么的回答，才能通过一个关于事实陈述的有序集对系统的状态及其变化做出描述，从而回答或求解“系统的状态是怎样的”这类问题。虽然，通过这种方式对问题的还原总是不完全的，由此我们对系统的状态的描述也将是不完全的；我们往往只能通过对系统的主要的组成、性质和关系是什么的回答，来对系统的状态做出大致的描述。在某些理论自然科学中，由于我们所研究的是抽象的、简化了的系统，这些系统中的组成被认为是单一的，它们的性质和关系也只从所描述的特定角度上被研究，因而允许我们完全忽略系统组成上的差别，用元分析的方法来研究整个系统（如流体力学系统、热力学系统等），并且通过若干特定的状态参量和状态函数对系统进行描述。例如，对于一个热力学系统，我们就用三个基本的状态函数（温度、内能、熵）以及其他一些状态参量来加以描述，而且由于各个状态参量与状态函数之间是相互制约的，而这些状态函数与系统的状态具有单值对应关系，因而就允许我们用这些基本的状态函数来确定一个系统的状态及其变化。同样，对于一个封闭的质点系，如果我们确定了这个质点系中各个质点在某一瞬间的位置和动量，我们也就完全地确定了这个系统的状态，并且运用牛顿力学的规律，就能完全地描述这个系统状态的变化。这时，对于“系统的状态是怎样的”这种问题，就可以还原为“系统的状态函数和状态参量是什么”这样的问题了；并且由于我们所描述的系统是一种抽象

的、简化了的系统，因而通过这种还原甚至成了对系统状态的一种完全的描述。

事实上，不但像第二类、第三类问题可以还原为第一类问题，在科学中，与特殊疑问句相联系的其他形式类型的问题，也都可以还原或归化为第一类型的问题。例如，“何时……”的问题，就可以还原为“（X）<X =……的时间 > $\overline{?}$”的问题；“何处……?”的问题也可以还原为“（X）<X =……的地点 > $\overline{?}$”的问题；等等。它们仍然都具有“（X） $\overline{?}$”的形式。所以，“（X） $\overline{?}$”是特殊疑问句的最基本的形式。

值得注意的是，我们所讨论的问题的形式类型，与问题的具体的语句表述形式是有区别的。因为同一种问题类型，常常可以用种种不同结构的语句形式表示出来。例如问：“现象 P 是由什么引起的?”“现象 P 是在什么条件下产生的?”等等，实际上它们都是属于第二类型的问题。因为第一个问题固然是明显地问产生现象的 P 的原因，而科学中所谓“产生现象的条件”，也同样是指原因。又如，在目前所研究的“问句逻辑”（logic of questions）中，往往十分强调“问主词”还是“问谓词”的区别，把它们看作是两种十分不同的重要的问句类型。但在我们所要讨论的“问题逻辑”中，将不重视这种形式的区别。因为从问题逻辑的角度上看，不管是问主词还是问谓词，它们实际上是可以相互做等价转换或归化的。例如，一个问主词的问句：“是什么东西发出了伦琴射线?”它完全可以等价地转换为一个问谓词的问句：“发出了伦琴射线的东西是什么?”或“伦琴射线的源是什么?”同样地，一个问谓词的问句：“具有思维功能的是什么器官?”也完全可以等价地转换为一个问主词的问句：“什么器官具有思维功能?”在这里，从问句的形式上，它们虽然有问主词还是问谓词的重大区别，然而，实质上它们却是表述着同一个问题。我们研究问题逻辑，着重注意的是在科学方法论上有着最直接和最重要意义的关于问题的最一般的形式结构及其要素，以及在此基础上可能讨论的逻辑问题。详细地去分析问句的种种不同类型的结构，离我们的主题比较遥远；相反，我们眼下最关心的却是把不同类型的问题归化为统一的形式，力图从最一般的形式上讨论问题的结构及其要素。因为只有这样，我们才能从普遍的意义上来讨论诸如问题之等价转换的条件，转换问题提法的条件，区分真问题和伪问题，正确问题和错误问题的判据等等科学方法论上重要问题。

直到目前为止，我们已经看到，科学中问题的形式可以初步地分为两种基本类型：即与一般疑问句相联系的形式“E（S)?”和与特殊疑问句相联系的形式“(X) $\bar{?}$”。进一步我们还将看到，这两种形式还可以归约为一种形式，而且，这两种形式都还只是过于粗略因而过于贫乏的形式。在这些形式之下，关于“问题”的一般结构尚未清晰地展示出来。但在目前的这种简约形式之下有一个明显的好处：在“问题”的这两种形式中，“问题”的两种最基本的成分（结构的要素）——“问题的指向”和“疑项”——最清楚不过地显示出来了。

但是，“问题”的结构要素不但有“问题的指向”和“疑项”，而且还有“问题解的应答域预设”和“解题规则”。因此，关于问题的结构要素，我们还需要作进一步的讨论。

第二节　问题的应答域和问题的解，解题的规则

为了使我们关于“问题”的结构要素的讨论在科学上有意义，我们就必须突出地强调“问题之解的应答域预设”（以下简称“应答域”）也是“问题”结构中的基本要素，而且是一种起着特殊重要作用的基本要素。而我们在本书第二章中已经指出，问题中所显含地或隐含地规定的解题规则也是问题结构中的基本要素

当然，在问题的提法中所预设的应答域既可能是一种限定得非常具体的类域，也可能是无所限定的全域。但只要我们引进“全域”（全集合）的概念，并且承认全域性预设也是一种应答域预设，那么，“应答域”预设就成了“问题”结构中必然的基本成分。所谓“应答域”（respondent territory），就是在问题的提法中所确定的一个域限，并认定（或假定）所提出的这个问题的解（solution）必定是在这个域限之中了。所以，如果我们以集合 T_r 表示应答域，以集合 S 表示问题的解，则问题中的应答域预设就意味着事先假定 $S \subset T_r$。例如，当我们问“脚气病是由什么细菌引起的”（这是当年荷兰政府委托著名科学家克里斯琴·爱杰克曼研究的课题①）这个问题，相当于问“引起脚气病的原因是什么细菌”，可以形式

① 这里斯说的脚气病，不是人们通常所说的“香港脚”。它是一种由于缺乏维生素 B 引起的跛脚病。后来，爱杰克曼和芬克由于在研究这个疾病上的贡献而获得了诺贝尔科学奖。

地表示为“（$X\ \bar{?}T_r$）”。其中 X 表示问题的指向：“引起脚气病的原因”；（　）$\bar{?}$表示系动词与疑项的联合：“是什么?”；而 T_r 则表示应答域：细菌。求解包含着如此这般的应答域预设的问题，就意味着要求找到某一个集合 $Y=S$，使得 $X\subseteq Y$ 且 $Y\subset T_r$。我们之所以强调应答域预设是问题的结构中具有特殊重要意义的基本要素，是因为它对于科学研究具有特殊重要的价值。一方面，科学中具体地提出的任何有价值的问题，总是要求做出某种限定得比较具体的应答域预设，用以明确地指导研究，而那种泛泛地做出的全域性预设是很难指导研究的。例如，当我们问“脚气病是由什么原因引起的”，它相当于问“脚气病的原因是什么”。像这类问题对于解的应答域预设没有作任何限定，它是一个全域。这类问题，尽管也可以表示为 $X\ \bar{?}T_r$ 的形式，但在这里，$T_r=1$，即它是一个全集合。求解这类问题，尽管也是要求找到一个集合 Y，使得 $X\subseteq Y$ 且 $Y\subset T_r$。但由于 $T_r=1$（这里 1 表示全集合），因此这时 $Y\subset T_r$ 在逻辑上固然成立，但在经验上却变得毫无意义，因为它不提供任何信息。因此，像这类全域性应答域预设对于科学研究将不起任何指导作用（至于“问题的指向”所表明的指导作用那又是另一回事）；科学研究中所提出的好的有价值的问题，总是那些对应答域预设有明确限定的问题。另一方面，应答域预设又是可错的。如果客观上问题的解是在我们所设定的应答域之内，那么这样的应答域预设将强有力地指导我们的研究工作取得成功；反之，如果客观上问题的解不在我们所设定的应答域之内，那么它就将诱使我们在一个不存在问题之解的应答域之内耗尽心机地然而却徒劳地寻求问题之解，如果不及时改换应答域预设，就将使我们的研究工作碰得头破血流而永远不能取得成功。试想：如果脚气病的原因并不是由于细菌引起的，而是由于缺乏维生素 B 引起的，那么，在“脚气病是由什么细菌引起的”这个问题的方向上进行研究，能够使我们获得成功吗？所以，我们在科学研究中必须十分重视问题的提法，尤其是其中的应答域预设的假定。它既可能是把我们引向胜利的路标，也可能是把我们诱向歧途的陷阱。

十分明显，在科学研究工作中，“问题的指向”和“应答域预设”对于科学研究来说，都同样地具有某种指向性（指导性）。所不同的是：问题的指向所指向的是问题的研究对象，问题的指向客观上并且潜在地决定了问题的解。而问题的应答域则是我们预设了一个问题的解的存在域，它像一个路标那样指示了我们向何处去寻找问题的解。因此，它是主观上明

确地指示了求解的方向。我们曾经指出，在问题的提法中已经包含了假说[①]。所谓问题已经包含了假说，首先是指它已经事先假定了问题的解的应答域，其次则是指问题的指向中所设定的内容。问题的解的应答域预设并不表示提问者对于研究对象的任何疑惑；相反，却是以肯定的形式表达了对于研究对象的已有知识的假定（尽管它是可错的）。因此，应答域预设并不表示作为智能主体的提问者的当前状态与欲求的目标状态之间的差距；相反，却是对这种差距的限制和约束。从这个意义上说，“问题”也已不仅仅是一种关于“未知”或“不知”的知识，因为它不仅仅是一种疑惑或疑难，而且还包含有某种被认作已知的确定的内容。科学中，一个确切地提出的问题，由于它排除了许多东西，它所设定的应答域对于求解问题具有明确的指向性和有序性，因而它本身往往包含有很大的信息量。科学问题中应答域的设定以及由此带来的指向性，在科学研究中的作用是如此之大，以至于它与研究的成果休戚相关，因为它将直接地决定一个具体地提出的问题是否有解。

在问题的结构中，另一个非常重要的结构要素是“解题规则”。我们曾经指出“在解题过程中，我们改变 S_p 使之不断接近直至达到 S_t，这种‘改变’不可能是任意的，而是必须遵守在问题中已经显含地或隐含地规定了的某些规则。这些规则规定，什么样的改变是合法的，什么样的改变是不合法的”。我们还曾经举了一种叫作“河内塔”的智力游戏为例来加以说明（见本书图 2－1）。在数理逻辑科学中，也都清晰地规定了在进行逻辑推理中所必须遵循的变换规则和推理规则，违反这些规则的推理都是非法的。同样，在自然科学和数学中，也都有一系列明确规定的实验和计算所必须遵循的规则，违反这些规则的实验和计算都是非法的。由于在这些学科中，都已经统一地规定了解题所必须遵循的规则，所以，在有关的这些领域中陈述问题时，往往就免去了复述解题的规则，这些解题规则在问题的具体提法中，就成了隐含的了。但是，不管它们是显含的还是隐含的，解题规则都是问题结构中不可或缺的极为重要的基本成分。它的重要性是显而易见的，因为它直接关系到解题过程及其结果的合法性、有效性。问题中显含地或隐含地规定的解题规则，有的是出于我们人类的理性之需要，有的则完全是某种人为的约定。

---

① 参见林定夷《科学研究方法概论》，浙江人民出版社 1986 年版。

由上可知，问题结构中的基本要素主要是四个：问题的指向、疑项、解的应答域预设、解题规则。因此，我们也可以把问题理解成某种四组素的结构。它可表示为：$P = X\ (\bar{?})\ T_r,\ R_u$。其中 X 表示问题的指向，$(\bar{?})$ 表示系词与疑项的联合，T_r 表示解的应答域预设，R_u 表示解题规则。

至于问题的“解”，它并不包含在问题的结构之中，相反，它本身仅仅是由“问题的指向”在客观上并且潜在地决定了的。因此，问题的解并不是问题结构中的要素。但解的“应答域”却是问题结构中的要素；它显示在问题结构之中，并且在任何具体地提出的问题中都必然包含有应答域预设，尽管这种应答域预设既可能是某种有所限定的类域，也可能是无所限定的全域（这时，它在自然语言的语句中可能不显示出来，但在形式化的语言中，它仍显示为一要素）。问题指向研究对象并潜在地决定着问题的解，问题的目标就是要把与问题的指向相对应的解显示出来；疑项着重表明目标状态与当前状态存在着差距，或求解的理想与当前能力存在着差距，因而它也隐含着求解的欲望；而应答域预设则是对这种差距的限制和约束，主观上明确地指示着求解的方向；至于“解题规则”则是我们在解题过程中，改变 S_p 所必须遵循的规则，在解题过程中，只有遵循这些规则的操作才是合法的，否则就是不合法的。因此，关于问题结构中的这四个基本要素——“问题的指向”、“疑项”、“应答域”、“解题规则”，它们在这个结构中实际上是各有其特殊功能的。由于问题的指向和疑项实际上指示着问题的目标状态以及当前状态与目标状态有差距，因此也可以从另一个角度上把“问题”理解为是如下四要素的组合：智能活动过程中的“目标状态”、“当前状态”、“解的应答域预设”、“解题规则”。至于我们在前面曾经提及过的在问题的提法中往往会包含有目标约束和条件约束，则正如我们在前面所已经分析过的，它们是分别归属于“目标状态”、“当前状态”和“解题规则”的。所以，把问题的结构看作是“目标状态”、“当前状态”、“应答域”与“解题规则”四要素的组合还是十分合适的。

问题的“疑项”与问题的“类型”相对应，而问题的不同类型仅仅是问题表面的不同提法上的差别，它们是可以相互转换的。但是，同一个科学问题尽管可能有种种不同的表述方式，甚至从表面上看来它们的问题的类型各不相同，然而，在这些问题的不同提法中，如果它们所包含的“问题的指向”和“应答域”以及“解题规则”（在科学中，“解题规则”

总是相对稳定的）相同，那么，这些问题的种种不同的表述方式，实际上将是相互等价的。所以当我们作问题类型的转换时，只要我们保持“问题的指向”和“应答域”以及“解题规则”不变，那么这种转换实际上不过是等价的转换；它只是改变了问题的语句表述的方式，没有改变问题的实质和内容。因为它们并不改变问题的解和所预设的求解的方向以及对解的合法性的评判机制，它们仍然不过是表述着同一个问题罢了。在科学研究中为了提出好的问题，特别是为了摆脱某种伪问题和错误的问题，要善于从新的角度上提出问题，这种所谓的问题的转换，必须是问题的实质和内容的转换，因此必须包含有“问题的指向”或“应答域”预设的某种改变，仅仅作问题的等价转换将是无济于事的，因为它们仍然是同一个问题。

第三节　问题的一般结构与求解机制

前面我们已经把问题的形式归结为两种基本类型，即“E（S）?”和“(X) $\overline{?}T_r$，R_u”。其实，这两种形式可以进一步归纳为一种形式，由此还可以把问题的一般结构具体化。由于问题的指向和应答域总是可以表示为某种集合，因此，问题的一般结构也可以用集合论的语言形式地表示为：

$$(?)[\{x \mid A(x)\},\ \{y \mid B(y)\}],\ R_u$$

其中，集合 $X=\{x \mid A(x)\}$ 表示“问题的指向”，集合 $T_r=\{y \mid B(y)\}$ 表示“应答域”。而式子前面的符号（?）为“疑项”，用以表示问题的指向与应答域之间的关系的不确定。问题的目标是要求建立或确立某种关系：

$$\{x \mid A(x)\}R\{y \mid B(y)\}$$

而这种关系 R 的确立正是通过问题的求解过程来实现的。而求解过程中则必须完全遵守解题规则 R_u；如果违反了规则 R_u，则解题为无效和非法。

以上这种形式十分恰当地表述了“X $\overline{?}T_r$，R_u”类型的问题的结构。而且原则上凡“E（S）?”型的问题的结构也可以在这种形式之下获得充分的展示，只不过这里的“问题的指向”可以更具体地表示为 T（S），而应答域预设则可以更具体地表示为 {0，1}。其中 T（S）表示“句子 S 的真值”。十分明显，它正是“E（S）?”类问句中的真正的“问题的指向”；而 {0，1} 则是表示一个集合，其中只有两个元素：0 和 1。其中

“0”表示假，“1”表示真。同样十分明显，{0，1}恰好表明了这类问句的应答域的一般结构。而 R_u 同样是表示解题的规则。由此可知，“(?)[{x | A(x)},{y | B(y)}]，R_u”的形式同样揭示了“E（S)?”类型的问句所表述的问题的一般结构，只不过在这里，{x | A(x)} = T(S)；而{y | B(y)} = {0，1}，罢了。在这种具体形式之下，疑项（?）同样表示着问题的指向 T（S）与其应答域预设{0，1}之间关系的不确定，而问题的目标同样是要求在 T（S）与{0，1}之间建立起一种确定的关系，即要求对陈述句 S 的真值做出“0”或“1”的确定的回答。而且，它还使我们对一般疑问句“E（S)?”采取与特殊疑问句“X $\bar{?}$$T_r$，$R_u$”同样的读法，“是否 S?”可以按统一的形式读作“S 的真值是什么（应答域：真或假)?”这样，我们就找到了问题的最一般的结构及其表示形式。

关于问题求解的机制，我们试作如下分析：

一方面，问题本身客观上存在有某种解，可记做 S_0，它是我们求解过程中所追索的未知目标。正如我们已经指出过的，S_0，即问题的解，客观上并且潜在地是由问题的指向所决定的。实际上，我们甚至可以合理地假定，问题的解 S_0 与问题的指向 X 之间的关系，是由某种客观上的机制所决定而同构或同态的。

另一方面，则是我们主观上的问题求解过程。它受到我们当作已有知识而给出的应答域预设的约束，并将得到某种结果，记做 S_S。

问题的求解是通过一系列操作（思维的操作或实验的操作，这些操作必须遵循解题规则 R_u）来实现的。每一步的操作都可以看作是一个映射。所以问题的求解过程可以表示为一个从集合 X（问题的指向）到集合 T_r（应答域）内的复合映射：

$$f_n \circ f_{n-1} \cdots f_1 : X \to T_r$$

$$X \longmapsto f_n(\cdots(f_1(x))\cdots)$$

X 内的每一元素 x，在这个复合映射 $f_n \circ f_{n-1} \cdots f_1$ 的作用下，将在 T_r 内获得它的像。所有这些像所构成的集合，即从 X 到 T_r 的复合映射的值域：

$$R_m = \{y \mid y = f_n[\cdots\cdots(f_1(x))\cdots\cdots],\ x \in X\}$$

将是我们在研究中通过操作 f_n，f_{n-1}，…，f_1 所获得的关于问题的主观上的“解”，即我们前面所说的主观上的求解结果 S_S，$S_S = R_m$。在求解中，我们主观上是企图通过某种操作序列 f_n，f_{n-1}，…，f_1 而获得某个结果 S_S，使得 $S_S = S_0$ 且 $S_S \subset T_r$。其中 $S_S = S_0$ 是我们求解的真正目的，因为只有 S_0

才是问题的真正的解。若我们求得了某个 S_S，而 $S_S \neq S_0$，则意味着我们没有找到问题的真正的解。然而，这个 S_0 是我们事先不知道的，所以，尽管 $S_S = S_0$ 是我们的目标，但在求解的过程中它并不能为我们提供任何明确的指向和约束；只有当尝试性地求得了某个 S_S，才能在进一步的检验过程中来探求问题"$E(S_S = S_0)$?"的解答。与此不同，$S_S \subset T_r$ 则是我们事先当作已有知识所给出的应答域预设对于求解方向的约束。由于我们已经事先认定（或假定）了问题的解 S_0 必定是在所设定的应答域 T_r 之内，所以它将显然影响我们在研究中如何选取解题的程序和操作（思维的和实验的程序和操作），并力图在这些程序和操作（一个复合映射 $f_n \circ f_{n-1} \cdots$，f_1）之下，去满足 $S_S = R_m \subset T_r$，并且企求 $S_S = S_0$。可见，$S_S \subset T_r$，即应答域预设的约束，将直接影响到我们的研究思路和方向。当然，研究的思路和方向，即研究中所选取的具体程序和操作（复合映射 $f_n \circ f_{n-1} \cdots f_1$）不但取决于应答域预设 T_r 的约束，而且还取决于当前的，特别是科学家自身的知识背景、能力素养和方法论观念等等许多因素的影响。但是，问题的应答域预设所带来的对于求解问题的指向性的影响是十分明显而且巨大的。因为它将首先决定研究者为解决问题向哪个方向上去收集资料，或到哪个领域中去收集资料，进而当然要影响到研究者运用什么样的背景知识（哪一个或哪一些领域中的背景知识）和进行什么样的实验和观察，最终将从根本上决定或影响到所选取的研究程序和操作 $f_n \circ f_{n-1} \cdots f_1$ 等等。所以，正如我们前面所强调，应答域预设在科学研究中的作用是如此之大，以致它最终将决定研究的成败。因为从根本上说，问题中所设定的应答域将直接地决定一个具体地提出的问题是否有解，或者说，在如此这般的应答域预设的约束之下，将决定我们能否找到一个主观上的解 S_S，并且使满足 $S_S = S_0$。因为十分明显，如果客观上问题的解 S_0 是在所设定的应答域 T_r 之内，即 $S_0 \subset T_r$，那么这样的问题的提法将是有解的，亦即有可能使我们找到一个 S_S，使同时满足 $S_S \subseteq T_r$ 且 $S_S = S_0$。因而这样提出的问题就是一个正确的问题，它将有可能引导我们的研究工作较顺利地获得成功。尽管在这个方向之下，为了要寻找某种合理的程序和操作 f_n，f_{n-1}，…，f_1，使之能够实现 $S_S = S_0$ 将仍然是一个困难的过程。但是，如果客观上问题的解 S_0 并不在所设定的应答域 T_r 之内，那么在这样提出的问题的方向上，就将会是一个没有解（找不到解）的错误的问题。因为在这个方向上，不管我们怎样设计一切可能的研究程序或操作序列，都不

可能得到这样的结果 S_S，使得满足 $S_S \subset T_r$ 且 $S_S = S_O$。这就是说，这样的应答域预设，将诱使我们在一个不存在问题之解的应答域内费尽心机地，然而却徒劳地寻求问题之解，从而把我们的研究引向歧路。具体地说来，在一个具体地提出的问题中，其应答域预设 T_r 与解 S_O（设 S_O 为非空集）的关系可能有如下三种情况：①若 $S_O \subseteq T_r$，则在所提问题的方向上问题有解，属正确问题。②若 $S_O \not\subset T_r$ 且 $S_O \cap T_r = \varnothing$（$\varnothing$表示空集），则问题的提法无解，即在这样提出的问题的方向上不可能找到问题之解，属错误的问题。因为在这种条件下，要使 $S_S = S_O$ 且 $S_S \subset T_r$ 将是矛盾的。③若 $S_O \not\subset T_r$ 且 $S_O \cap T_r \neq \varnothing$，则问题将有部分解。因为在这样的条件下，将有可能找到某个 S_S，使满足 $S_S \subset T_r$ 且 $S_S \cap S_O \neq \varnothing$；在最好的情况下，甚至能找到某个 S_S，使得 $S_S =$（$S_O \cap T_r$）。

正如我们前面所已经指出的，在各种具体地提出的问题中，所设定的应答域可能是各种各样的；它可能是一个限定得非常具体的类域，也可能是一个无所限定的全域。我们问："脚气病是由什么细菌引起的?"这时，它所设定的应答域是一个非常具体的类：细菌。相应地，它排除了自然界中无数其他的类。而当我们问："脚气病是由什么原因引起的?"这时，除了在问题的指向中假定了脚气病总是有原因的以外，对于问题的应答域几乎没有作任何的限定，它是一个全域。在各种特殊疑问句中，应答域预设在问题的提法中处于一种十分突出的地位。但在一般疑问句中，它的应答域却总是被设定为｛0，1｝，即｛否，是｝。从形式上看，这类应答域总是全域性的，因为"是"和"否"已经包含了一切可能的答案。但是如果我们作进一步的考察，就能发现，在这类疑问句中，应答域预设｛0，1｝与问题的指向 T（S）有着一种特殊的关系。只要陈述句 S 是一个命题，那么 T（S）的定义域与这个应答域｛0，1｝实际上是相等的，并且是同构的。因此"0"和"1"能够在 T（S）中获得一一对应，并且最终能够与陈述句 S 中的某种预设相映照。为此，我们还可以做如下进一步的讨论：当我们仔细分析一般疑问句"E（S）?"中的陈述句 S 的时候，我们总能发现，在这种假定性的陈述句 S 中通常总是包含有两部分预设：一部分是指向性预设，一部分是应答性预设。例如，当我们问"脚气病是不是由细菌引起的?"这时，其中的陈述句 S 当是"脚气病是由细菌引起的。"在这个陈述句中，实际上包含有指向性预设（脚气病是有原因的）和应答性预设（细菌），并且通过问题中的疑项"是否?"而实际上

把这个预设扩展成了互补的两个类：一个是有限集合所组成的类 M（细菌）；另一个则是这个集合的补集合 M′。集合 M 和它的补集合 M′所组成的“并”，是一个全集合，即 $M \cup M' = 1$（这里 1 表示全集合）。而问句（?）[T(S)，{0，1}] 中的“1”和“0”，正好就是对应着 M 和 M′。因此，尽管从形式上看，这种一般疑问句的提法中所设定的应答域是全域性的，但是，由于这种问题的提法本身是排除性的，它主要是要引导人们通过对 M 集合所组成的类域的考察而寻找问题的解，所以它的指向性要比一般地问“脚气病是由什么原因引起的”要明确得多（关于一般疑问句中所隐含的陈述句 S 的双重预设，我们以后将再作讨论）。一般地说来，科学中所讨论的问题大量地都是以特殊疑问句的形式出现的，一般疑问句通常（或主要地）只出现在科学的检验活动之中。

对于特殊疑问句而言，在问题的提法中所设定的应答域愈小，限定得愈具体，它的指向性就愈明确，从而对于科学研究的指导性（正确的或错误的指导）就愈强。反之，问题的提法中所设定的应答域愈宽，愈缺乏限定，它所排除的东西愈少，指向性就愈不明确，因而对于科学研究的指导性就愈弱。但是，反过来说，问题的提法中所设定的应答域愈小，那么在这个方向上进行研究所冒的风险就愈大。而那种泛泛地提出的全域性应答域的问题，成为错误问题的可能性却是最小的（实际上它不会成为错误的问题），虽然它对科学研究没有什么指导性的力量。所以，进一步说来，科学研究中提出的好的问题，不但应当是正确的问题，因而是有解的问题，而且还应当是一个对应答域尽量有所限定，因而对于求解来说是指导性明确的问题。实际上，即使对于一般疑问句形式的问题而言，也有着十分类似的情形。所不同的是，后者所涉及的将是陈述句 S 中的应答性预设，而不直接是问题本身的应答域预设，并且由此还带来了其他的特殊性质。

第四节　真问题和伪问题，正确的问题和错误的问题

在科学研究中陷入在某种伪问题和错误的问题中耗费精力，几乎是难以避免的，并且常常是难以被研究者所觉察的。因而，在科学研究中如何避免伪问题以及如何能从一个错误的问题中摆脱出来，就成了科研工作中

至关重要的事情。下面，我们试图进一步从逻辑上作一些讨论：如何能使我们避免伪问题？如何能够使我们自觉到已经陷进了一个错误的问题中呢？判定一个伪问题或错误的问题能否找到逻辑上的理由呢？

从原则上说，伪问题和错误的问题都是在问题的提法上没有解的问题。但是两者的情况不同，性质各异。所谓“伪问题”就是这样的问题，即关于它的任何符合语法的答案都是伪命题。而所谓“伪命题”就是以这样的语句所表述的“命题”：它虽然看似符合语法规则，然而却既不真，也不假；因而伪命题都是一些无真假可言的没有意义的语句，原则上它不曾向我们陈述任何东西。

例如，像这样的问题就会是伪问题：“真理是什么颜色的？红色的还是蓝色的？”由于“真理”本身无颜色可言，因而关于这个问题的任何符合语法的答案都将只是说了一些“无可言说”的毫无意义的语句。这些语句无所谓真，无所谓假；无论对它们的肯定（如“真理是红色的”）或否定（如“真理不是红色的”），结果都同样没有意义。从原则上说，古代哲学家所提出的问题：“世界的运动总量是否守恒？”也同样是这一类伪问题。因为当他们提出这个问题来的时候，他们赋予“运动”一词的意义是包含思维在内的“一切变化”。但对于像“一切变化”这种意义上的运动，不可能给出一种统一的量度单位，他们也从来未曾给出量度单位。既然连量度单位都不可能有，他们所说的“运动的量”就毫无意义，也不可能被量度。因而我们无论回答说世界运动总量守恒或者不守恒，都不可能被检验（无论是通过测量的或思维的操作）。因此，这些回答也就无所谓真，无所谓假；它们只是一些没有意义的伪命题。在人们之间的学术的或非学术的讨论中，伪问题是常有的。有些伪问题比较明显，易于识别；而有些伪问题则比较隐蔽，需要通过深层的语义分析来解决。例如，“一个类是不是它自身的元素？”或“美是什么？”经过有关专家的深层语义分析，发现它们都不过是“伪问题”①。

与前述的“伪问题”不同，所谓“错误的问题”，就是关于它的任何符合语法的答案都是错的，因而是一种不存在正确答案的问题。我们曾经说过，所谓问题的解，就是问题的正确答案。从这个意义上，“伪问题”

---

①　参见巴－希勒尔《类理论》，载《自然科学哲学问题丛刊》1985 年第 2 期；李若《关于“美”的语义分析》，载《哲学研究》1985 年第 8 期。

和“错误的问题”都是在问题的提法上没有“解”的问题。但两者的性质不同。伪问题的任何符合语法的答案都是没有意义的伪命题，而对于一个“错误的问题”，尽管它的任何符合语法的答案都是错的，但却都是有意义的命题。命题有真假之分，命题的真假取决于它是否真实地反映了对象的实际情况（经验命题，或称综合命题），或是否为重言式（“先天命题”，或称分析命题）。所以，一个语句（命题）P 是真的，则它的否定$\bar{p}$（非 P）就是假的；反之，亦然。对于一个真正的命题的肯定或否定，都能给我们以信息，因而它们都是有意义（meaning）的。例如，像我们已经讨论过的问题：“脚气病是由什么细菌引起的”，如果实际上脚气病并不是由细菌引起的，而是由于缺乏某种维生素（维生素 B）引起的，那么问“脚气病是由什么细菌引起的”这个问题，就将是一个错误的问题，因为关于这个问题的任何符合语法的答案都将是错的。但是，这种回答，例如说脚气病是“由大肠杆菌引起的”或“由结核菌引起的”等等，尽管它们都是错的，但却都是可以检验的，因而都是有意义的。经过检验，无论是对这些命题的肯定或否定，都将给我们提供知识或信息。所以，对于一个错误问题的研究，尽管会使我们导致失败，因而我们在科学研究中应尽量避免陷入错误的问题；但与此同时，这种研究仍然能够提供信息，因而是有价值的。但是对于一个伪问题的研究，却常常使我们陷入无谓的争论，其任何结论都不可检验。除非我们抛弃这个问题或改变问题的提法。

那么，所提出的问题成为“伪问题”或者“错误的问题”，其毛病是出在什么地方呢？通过分析，我们将会知道，“伪问题”的毛病是出在问题的指向上，而“错误的问题”的毛病则是出在应答域上。

一个“问题”，如果其“问题的指向”的意义是不确定的或没有意义的，那么它就会是一个伪问题。例如当我们问：“（X）$\bar{?}$”，而 X 本身的意义不加以确定，那么它就只是一个问句涵项，而不是一个真正的问句，它本身不构成一个真正的问题，而只不过是一个没有意义的假问题而已。在某种意义上，像“美是什么”，如果我们对“美”这个词（符号）指谓什么都未予确定，那么问“美是什么”，即企图追问美的本质规定，或企图对它做出描述性定义①，那也就实际上成了一个伪问题。在有些问句

① 描述性定义的任务是陈述或描述一个已在公共使用中的术语的一个或几个公认的意义。

中，其“问题的指向”是根本没有意义的。如问“真理是什么颜色的”，它等于问“真理的颜色是什么”，其问题的指向是“真理的颜色”。但是如果真理本身无颜色可言，即在“真理”这个概念中并不包含颜色这种性质，那么问“真理的颜色”就毫无意义，它就是一个伪问题。就一般疑问句来说其情况也是如此。在一般疑问句“是否S?”的场合下，其问题的指向是T（S）。这时，“是否S”这种问题是否为伪问题，就要看陈述句S是否表达了一个有意义的真正的命题。如果S本身是一个伪命题，它无所谓真假，那么它的真值T（S）当然就无意义。在“真理是不是红色的?”或“世界的运动总量是否守恒?”这两个问句的场合下，其中作为“问题的指向”背后的陈述句分别是“真理是红色的”和“世界的运动总量守恒”。但是，通过语义分析，我们知道这两个语句都是没有意义的伪命题。伪命题无所谓真假，那么，关于它们的“是”或“否”的任何答案都将没有意义。这就是说，在一般疑问句中，如果其中的陈述句S是一个伪命题，那么由此而构成的问题就将是伪问题。反过来，一般疑问句所表述的问题通常是不会有“错误的问题”之虞的。因为在一般疑问句所表述的问题中，形式上作为“问题的指向”的，毕竟是其中的陈述句S的真值，即T（S），而其应答域则是全域性的。只要S是一个真正的命题，T（S）有意义，由此而构成一个真问题，那么对其中的S做出或是或否的回答总有一个是正确的；它的应答域｛0，1｝乃是一个全域，包含了一切可能的答案。所以，关于正确问题和错误问题的讨论，主要是针对那些与特殊疑问句相联系的问题而言的。而且，原则上，正确问题与错误问题的讨论，也仅仅是针对着真问题而言的。因为正如我们前面所曾经指出，问题的解S_0客观上并且潜在地是由问题的指向所决定的。所以，对于任何伪问题，由于它们的问题的指向本身不确定或没有意义，因此也就谈不上有任何一个集合S_0是它的解；谈论伪问题的解同样是没有意义的。所以关于它们也就谈不上正确、错误的问题。只有对于真问题，由于它的问题的指向有意义，因此，关于任何真问题将客观上存在有一个集合S_0是它的解，并且$S_0 \neq \varnothing$（S_0不是空集）。从而，我们也才谈得上关于它们的答案是正确或错误的问题。错误问题的产生，当且仅当$S_0 \neq \varnothing$且$S_0 \cap T_r = \varnothing$。所以错误的问题原则上就是在问题所设定的应答域之内不存在问题之解的那种问题（真问题）。既然S_0是由问题的指向所决定而客观地存在着的，所以我们主观上产生的错误的问题，其毛病仅仅是出在应

答域上。就以我们前面所讨论过的那个实例再作分析。“脚气病是由什么细菌引起的?”如果我们对它做一个等价转换使之具有一个标准形式“$(X)\ \bar{?}\ T_r,\ R_u$”，那么它就成了“引起脚气病的原因是什么细菌”。其问题的指向是引起脚气病的原因，它潜在地决定着这个问题的解 S_0（客观地存在的）；而问题中的应答域预设是“细菌”。但是假定客观上脚气病并不是由细菌引起的，而是由于缺乏维生素 B 引起的，那么，由于在应答域预设中不包含问题的解，因而我们关于它的任何符合语法的答案都将是错的，在所提问题的方向上我们将永远找不到问题的解。对于这种错误的问题，除非我们转换问题的提法，改变其中的应答域预设，关于这类问题的研究我们将永远不可能获得成功。

从根本上说，对于一个问题是否为“伪问题”或“错误的问题”，其判定方式是不同的。对于一个问题是否为“伪问题”，应当通过对于语义的逻辑分析来解决；而对于一个问题是否为“错误的问题”，却必须通过经验来回答。那么，我们是否有可能在经验的基础上逻辑地来判定一个问题是否为“错误的问题”呢？如果能，那么在方法论上我们就有了重要的依据，可以使我们及时地发现和摆脱一个“错误的问题”。要知道，在一个错误的问题的方向上不知回头，很可能销蚀掉一个科学工作者的全部聪明才智而得不到成功。但是，恰好在这个问题上，我们又遇到了巨大的困难。

我们来分析一下，判定一个错误的问题是否可能找到逻辑上的理由。

从逻辑上说，如果在问题所设定的“应答域”之中仅仅包含了有限数量的元，而且所包含的这些元都是已知的，那么，当我们找遍了这些元，并且发现所有这些元都不是问题的解，我们就可以逻辑地得出结论：在这个应答域中不存在问题之解；我们陷进了一个错误的问题。因此，我们应当放弃原有问题的提法，重新设定可能的应答域。例如，当我们做实验时，发现一台仪器工作不正常。我们提出问题：“这台仪器工作不正常，是它的哪一个元件出了毛病呢?”于是我们查遍了它的所有元件，但却发现它的所有元件都没有毛病。这时，我们就有逻辑上的理由说：我们原来的问题的提法是错误的。因而我们应当重新改变问题的提法另行设想可能的应答域。例如，问：“这台仪器工作不正常，是不是由于外界环境的干扰引起的”；或更具体地问：“是不是由外界的电磁波干扰引起的”；等等。但是，在自然科学的研究中，能够做出如此回答的问题是极其罕见

的。通常，在我们所提出的问题中，虽然设定了一个有严格限定的应答域，但这个应答域中所包含的元素的数量常常是未知的，甚至是无限的，并且其中大量的元素是我们未曾发现的，因而我们当然也不可能找遍其中所有的元素，以便试图逻辑地回答我们是否陷进了一个错误的问题。例如，当我们问："脚气病是由什么细菌引起的?"我们实际上不可能找遍自然界所有各种细菌，然后才来回答说："这是一个错误的问题。"没有一个自然科学家会以如此笨拙的方式行事。这时，研究者通常是在应答域内做大范围的扫描，如果没有发现逼近问题解的趋势，那么他们很可能先后放弃这种问题的提法，而另行设想可能的应答域。像以这种方式改变问题的提法，放弃在原来所预设的应答域内寻找问题的解，或者说，认定原来所提出的问题是一个错误的问题，而另行设想可能的应答域，这种做法是不可能在逻辑上有充分理由的，其中所依据的只能是如爱因斯坦所说的"以对经验的共鸣的理解为依据的直觉"。在后一种情况下，只有当事先有了一种高层次上的理论，并且这种理论能够说明所提出的问题的解不可能在所设定的应答域之中，这时，如果我们承认这种理论的有效性，那么我们以这种理论为前提，就能逻辑地得出结论：所提出的这个问题是一个错误的问题。例如，当我们有了近代的波义耳-道尔顿的元素-原子论化学以后，依据这种理论，我们就能逻辑地判定古代炼金术家所提出的问题是一种错误的问题（古代炼金术家的问题是：如何寻找一种化学的方法，能够使得贱金属变成为贵金属）。同样地，在有了能量守恒定律和热力学第二定律以后，我们也能逻辑地得出结论：研制永动机的努力将是徒劳的，因为诸如"用一种什么方法可以制成永动机"这类问题是一种错误的、没有解的问题。但是，从历史上说，这种上峰理论往往只能出现在相应的问题的早期研究之后，从事开拓性研究的人员往往得不到这种理论的启示。而且，即使在有了这种理论以后，科学家也可能首先把怀疑的矛头指向这种理论，指责这种理论缺乏充分的有效性，而为自己所提出的与这种理论相悖的问题进行辩护。所以，要合理地判定一个问题是一个"错误的问题"，实在是一种相当复杂的事情。

第五节　提出问题和解决问题的逻辑略述

我们曾经指出，科学问题产生于对科学背景知识的分析。从这个意义

上，科学问题本身可以说是已经存在于背景知识之中的，只等待我们通过分析去发现它。所以，科学问题是“发现”的，而不是“发明”的。相比之下，科学理论倒是“创造”出来的，“发明”出来的。而理论一旦被创造出来，那么其中所存在的问题，以及它与其他理论之间、它与经验事实之间的关系上存在的问题，又是只待我们去“发现”了。这似乎就意味着，从背景知识中提出问题是有逻辑通道的。但是，这句话仍然需要作进一步的分析。由于一种理论内部的逻辑矛盾，相互竞争的理论之间的矛盾，不同学科的理论之间的矛盾，以及理论与经验事实之间的矛盾等等所造成的某种知识上的疑难或疑惑，这是从背景知识之中产生的，是可以从逻辑的分析中得到的。所以这种疑难或疑惑的产生，可以说是有逻辑通道的。但也仅此而已。进一步说，对于科学中具体地提出的某些科学问题，由于它预设了这个问题的解的应答域，而这种应答域的预设，有的固然可以从背景知识中的已有理论导出，但对于大部分需要进行创造性研究的科学问题来说，这种关于应答域的预设，常常是一些原始假说，并不能从背景知识中逻辑地推导出来，而只能依赖于某种直觉和猜测。这种猜测，因而也就是关于应答域的预设，常常难免是错误的。因而科学探索中至关重要的事情固然是要排除或摆脱“错误的问题”，并努力端正问题的提法，然而关于如何端正问题的提法，却常常是没有逻辑通道的。

从提出一个科学问题以后，到设想出一种解决问题的方案，即寻找问题的解，这在原则上是没有逻辑通道的（在这一点上，自然科学与数学有原则的不同）。但当设想出了一个解决问题的方案以后，检验这个方案是否能解决所提出的问题，这却是有逻辑通道的。这也就是我们在本丛书第二分册中所曾经讨论过的“检验逻辑”。这就是说，科学发现的逻辑通道是没有的，但检验的逻辑通道却是存在的。当然，即使在经受检验以后，科学中所谓问题的解决也只是相对的和暂时的。因为在一定的科学背景知识之下所产生的某个科学问题被所谓“解决”以后，仅仅由于背景知识本身的变化，问题都可能被重新提出来要求作新的解决。

关于所谓“发现的逻辑”和检验的逻辑的研究，涉及几乎全部科学方法论的内容。在本丛书第二分册中，我们已经相当详细地讨论过了科学理论的检验结构与检验逻辑，以及相应的科学理论的评价问题。至于科学发现的逻辑，虽然它实际上是不存在的，但这不等于说不能为它制定某种合理的方法论原则或启发式程序。关于解决问题的方法论，如关于构建理

论的方法论问题，科学实验认识论问题或方法论问题，以及解决问题的启发式程序等等的探究，它们本身虽然与问题学密切有关，甚至其中的有些问题也应当成为“问题学”探究的内容。但由于它们的内容太过庞杂，并且这些内容已经被科学哲学或一般科学方法论所比较充分地研究，因而作为科学哲学之一门分支学科的“问题学”已无须再把它们纳入自身之中。并且，作为一般科学哲学的内容，我们在本丛书的其他分册中已经对它们作过相当详细的讨论。因此，在本章中，我们只需对它们作此简要的略述。

第五章　科学中课题的选择，科学问题的分解和转移

第一节　科学研究中课题的选择

我们已经说过，问题是科学研究的灵魂。它既推动研究，是科学发展的动力；又提供科学研究的具体目标，指引科学研究的方向。所以，对于科学家来说，课题的选择是科学研究的首要环节。

所谓课题的选择，简单地说来，就是选择一个问题来进行研究，然而，实在地说来，这是一个真正困难的任务。它比发现问题和对问题的价值和难度作出判断更为复杂。因为课题的选择固然总是以事先发现问题为其前提，而且也必须以事先对问题的价值或意义作出判断为其前提，没有价值的问题是不值得研究的。科研选题必须以选择有价值的问题为其第一条原则。但是，问题的价值并不是科研选题的唯一原则，对于具体的一个科学家或科学家研究小组来说，并不是任何一个有价值的科学问题都可以拿来研究的。课题的选择还要求它具有可行性和合理性，它们受到多方面因素的影响，其中包括受到问题的客观难度 $D[B_S(t), P]$ 和主体难度 $D[b(t), P]$ 的影响，而后者当然又受到一定社会的科学技术经济背景以及科学家集团和个人的主观条件和能力的影响和制约。由于科学问题的价值评价和难度评价这两个问题本身的复杂性，我们将在下一章中另作专门的探讨。在这里，我们将暂时预先讨论科学研究中选题的一般原则。

那么课题的选择应当遵循一些什么样的一般原则呢？对于这个问题，尽管可能有种种不同的回答，但一般说来，可以把它们归结为如下三条基本的或主要的原则：

第一，价值原则，即所选择的课题必须是有价值的，并且应当尽可能是有较大价值或有重大价值的。也就是说，能够期望从选定的问题的研究中，科学和社会能够从中得到较大的获益。没有价值的问题或伪科学问题

是不值得研究的。然而，进一步说来，当一个科学问题被当作一个现实的课题进行研究的时候，它的价值问题常常又加进了一些其他因素的影响。因为课题的价值总是与社会需要相联系，所以，一个课题的价值或其意义的大小，就与一定社会的科学技术经济背景甚至各个国家和地区的自然资源密切相关，特别对于应用科学和技术科学中的课题是如此。例如，某种耗资巨大的尖端技术课题，从一般的科技发展角度来说，很可能具有里程碑性的巨大意义，但具体到不同技术经济发展水平的不同国家来说，情况就不同了。对于那些先进工业国家来说，它可能具有重大意义，但对于技术经济发展水平落后的国家和地区来说，这种课题很可能暂时没有多少现实意义，即使研究出来了，也可能暂时用不上，过了多少年以后，当这个国家的技术经济发展水平已经用得上它的时候，该项成果很可能已经变成落后的了。又如，仅仅由于某个国家或地区发现了某种丰富的资源，或者对某种资源由于奇缺而迫切需要寻找代用品，就可能使一系列相关的课题在这个国家和地区成为有重大意义的迫切课题，而在另一些国家和地区却不然。所以，课题的选择必须联系实际。

第二，可实现性原则。必须考虑课题应当是可实现的，也就是说，应当期望所选择的课题，经过一段艰苦的研究以后有可能被解决，这个科学堡垒有可能被攻克。课题是否有价值固然不能以成败论英雄，但是，作为科学研究的项目，我们总是希望我们的研究能够获得成功，要求经过一定阶段的研究以后，能够基本上或者至少也要部分地实现课题的目标。但是，为了要实现课题的目标，使研究获得成功，至少要以下述两条作为必要的前提：

（1）问题的提法或课题的指向必须正确。如果问题的提法或课题所指向的目标本身是错误的，是违反客观规律的，或者说，它是一个错误的问题，那么这种目标肯定是不能实现的。

（2）为解决这一课题的研究所必需的科学技术背景条件已大致成熟，为从事这一课题研究所必需的物质条件（资金、技术、资料……）和从事这一课题的科学家和科学家小组的主观条件（知识、能力……）有可能获得解决和经过努力可以获得解决。也就是说，问题的客观难度 $D[Bs(t), P]$ 和主体难度 $D[b(t), P]$ 都不至于大到使问题无法解决和不可实现。在科学研究中，如果选择了一个实际上不可实现的课题，那么这种选题本身就应当被认为是错误的，特别对于应用课题或技术课题是如

此。所以，著名科学家、美国贝尔研究所前副所长莫顿曾经强调说："选择题目不能草率，如果根本没有实现的可能，选题就等于零。"①

第三，选题还必须讲求效益，实现最优化（最优化原则）。不但在有计划研究（directed research 或 programmed research）的条件下，国家和研究机构在作科研计划的时候，要从总体上考虑效益，实现选题的总体上的最优化；就是在自由选题的条件下，科学家个人和小组也要考虑研究的效益，实现选题的最优化。怎样选题才是最优的，能够获得最大效益？这也依种种情况而不同。为了实现最优化选题，一个成熟的、有才能的科学家，可能应当去啃那些最难啃的硬骨头课题。正如爱因斯坦讲到他自己时所说的那样。他说："我受不了这样的科学家：他拿起一块木板，寻找最薄的部位，在最容易钻孔的地方，钻上许许多多的孔。"② 但是，对于初学研究工作的人员来说，那么多数科学家都强调选题不应当过难，并以能得到导师、专家的指导为宜。正如贝弗里奇所强调："初学研究工作的人最好选择一个很有可能出成果的题目，而这题目当然不要超过他的技术能力。成功是对进一步发展的有力推动和帮助，而不断受挫则可能起到相反的效果。"由于现代科技发展的特点所决定，有计划的研究已成为科研发展的总趋势，在这种研究方式之下，研究的课题和方向，与其说是由科学家个人自主地选择的，毋宁说更多地是由国家和研究机关的计划来安排的。在这种方式之下，科学家和科学家小组是接受国家或研究机关交下的任务，承担计划中所规定的特定的课题。这种有计划的研究，固然是为了从总体上发挥最佳效益，实现选题的最优化，但是，如果在计划指导下或在与计划不相冲突的条件下，较多地允许科学家自选课题或增加选题的自由度，那么这种选题就有可能更多地激发起科学家研究的兴趣并发挥所长，有利于较快地和较多地做出成果，或做出重要的成果。对于一个初学研究的科研人员来说，选题固然应当取得导师的指导，因此选题应在导师的研究范围内为宜。但青年研究者若能够自己选择研究课题，那么也能够更多地激发兴趣，并做出成果。一个科学家，为了在一生中更有效地从事研究，就应当很好地筹划自己的研究方向，为此，不但应当规定自己去研究什么，甚至还应当规定自己不去研究什么；要"有所不为"才能"有

---

① 《科学》，1978 年 5 月 19 日。

② 转引自秦关根《爱因斯坦》中国青年出版社 1979 年版，第 298 页。

所为”。法拉第就非常珍惜他自己的科学生命中的有限时间，他努力想要在自己有限的科学生命的时间中做出尽可能最大的贡献。为此他不但严格限制自己不去参加宴会等烦人的社交活动，而且对自己的科研活动，包括课题的选择也进行精细的筹划。他为了要让自己有精力去做某些研究，就严格限制自己不去做另一些研究和活动，虽然那些研究和活动看起来是很有吸引力的，而且也是他很有希望能够完成的。例如，他抱着“要磁生电”的明确的应用目的而研究电磁感应定律，以服务于人类，获得了辉煌的成就，并且已经实际上研制成了世界上第一台发电机和变压器的原型。在当时，他如果抱着资本主义的商业目的而转去从事应用研究，发明一台可供实用的发电机，不但在科学上是非常有意义的，而且马上可以因此而获得发明专利，像其他许多发明家，诸如西门子、瓦特、爱迪生、贝尔等人那样，依靠生产自己的专利品而发财致富，而这样一种发明在当时对于法拉第来说，已经没有不可克服的困难。然而正如英国科学家贝尔纳所指出：法拉第虽然怀着明确的实际应用的目的而探索“要磁生电”的道路，但“法拉第本人却很少沿着实际应用的方向觅取专利和商业经营的倾向。这并非由于他有任何对来世的憧憬，从他对商业和政治世界所得的经验，他有足够的知识来估计要花多少时间和心力才能使他的任何想法达到开发和有利可图的阶段。但他感到他可以更好地来运用他的岁月”①。于是，法拉第宁肯把发明专利和发财致富的机会让给别人，自己却继续去从事一些他自己认为是更有意义的、可以更好地为人类服务的一些基础性的研究，不断为人类的科学知识和应用前景开拓出新的光辉领地，而自己却甘愿忍受贫困，晚年时不得不依靠政府所提供的养老金生活。我们这样说，并不是认为基础研究比应用研究更有价值，而只是说，应当根据个人的兴趣和特长以及其他等等，来更好地筹划自己的研究方向，以取得最佳效益。应用研究和开发研究绝不是比基础研究更少价值的；相反，它无疑对国民经济和社会的发展起着更加直接的作用。对于社会来说，常常应当花费大部分的精力和资金，来组织和支持应用研究和开发研究。

对于科学研究来说，选题是否正确，意义十分重大。所谓选题正确，首先是指应当选择有价值的，并且问题的提法原则上是正确的，因而是有可能实现的科学问题来进行研究，选题的最优化也是选题正确性的一个附

① 贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社 1959 年版，第 352 页。

加标志。从某种意义上说，选题是否正确，是进行科学研究的真正有决定意义的关键一步。因为它常常预先决定了科学研究的成败或科研成果的大小。正因为如此，能否独立地判断和正确地选题，甚至可以看作是一个科学工作者研究能力的一个重要标志。有一位科学史家曾经强调指出："在著名的科学家当中，科学修养的主要标准是能否抓住'重要问题'和是否能想出新的解决办法。"科学界的名师都是"提出正确问题的榜样"和"创造新的方法以解决选中的问题的榜样"，并认为"一个重要的科学家就是正在研究正确的而且重要的问题的科学家"。

然而，选题又是一个十分困难的过程，因为在正确选题所要遵循的每一个原则中，都有一些难以捉摸的因素在起作用，特别是对于科学问题的价值评价和难度评价，包括 D[Bs(t)，P] 和 D[b(t)，P] 的评价，迄今仍是一个无人耕耘过的悬而未决的问题。基于科学研究中选题的困难，所以，当代科学学的创始人、英国著名的晶体物理学家贝尔纳曾经强调指出："课题的形成和选择，无论作为外部的经济技术要求，抑或作为科学本身的要求，都是研究工作中最复杂的一个阶段。一般说来，提出课题比解决课题更困难……所以评价和选择课题，便成了研究战略的起点。"① 由于选题本身是一个困难而复杂的任务，所以许多科学家强调，科研的选题本身就是一项科学研究。在选题这项"科学研究"中，由于不可捉摸或难以捉摸的因素太多，因此选题是否正确，就不能不带有一定的风险。科学研究中的失败是如此之多，以至于法拉第说：就是最成功的科学家，在他们每十个建议、希望、愿望以及初步结论中，能够实现的也不到一个。而著名的物理学家威廉·汤姆逊（开尔文）则曾说："我坚持奋斗 55 年，致力于科学的发展，可以用一个词道出我最艰辛的努力，这就是'失败'。"科研中的这种失败为什么如此之多？究其原因固然很多，但选题不当，实在常常是导致失败的最常见的原因。

由于选题的复杂性和事先评价一个问题的价值并无可靠的标准，因此，有的科学家强调，是否能选中一个正确的、重要的题目和对问题的价值做出正确的评价，主要有赖于科学家和科学管理的领导人的高度的科学鉴赏力。所谓高度的科学鉴赏力，就是在了解和分析一定的科学背景知识的基础上，又能运用想象力而遐思远望，从而不把自己的思想局限在已有

---

① 贝尔纳：《科学的科学》，载《研究》1955 年第 12 期。

的知识和眼前的问题，而能比别人更具远见卓识，更善于发现具有发展前途的研究方向，能预期研究工作可能产生的结果。依靠科学鉴赏力来判明问题的价值和选择课题，常常并不能说出充分的缘由，但却仍然反映出一个科学家的深邃的洞察力。由于各个科学家对背景知识的理解以及各人的想象力不同，所以这个“科学鉴赏力”常常带有明显的个人特点。

为了避免选题中的过多的盲目性，在科研中凡是涉及需要较多人力、物力和资金的重大选题，常常必须提出选题报告进行课题论证，并经过同行专家的审议，方可经领导机关核准。为此，研究者必须事先对拟选课题的一般历史背景进行充分的调查研究，做出描述和评论，进一步提出所要解决的具体问题，以及解决这些问题的方法和步骤，并预期这些研究的可能结果和这些结果的可能的价值。进行这种课题论证，本身已经是一种研究，它必须占有翔实的资料，引经据典，旁征博引，以齐全的参考文献和精致的分析来支持自己的关于课题的主张。课题的论证是否能够成立，还须有多名同行专家进行审议，评审这个课题的选择及其研究方案是否真正合理可行。对于重大课题是切不可仓促上马的。因为一旦开始工作，然后才发现问题成堆，就会骑虎难下，最后不得不草草收兵，那时已在人力、物力、财力和时间上造成了不可挽回的损失。

第二节　科学研究中问题分解的一般模式

一、问题分解的含义

在科学研究中，当我们选定了所要研究的问题之后，为了要着手进行研究，就必须对所选择的问题进行分解。所谓问题的分解，实际上就是对问题进行分析，把一个大问题分解成相互联系的许多小问题，从而找到解决这个问题的步骤和相关的网结。

我们曾经指出，问题是存在于科学背景知识之中的。在一定的科学背景知识之下，众多的科学问题将构成一个相互联系的问题之网。在不同的背景知识之下，将构成不同的问题之网。在科学研究中，尽量清晰地从总体上把握问题的网络结构非常重要。在科学中，问题的网络结构具有层次性。对于某一个特定的科学问题而言，就是具有它的上向层次和下向层次。所谓上向层次，就是在广阔的科学背景之下，该科学问题与其他科学

问题发生着种种联系，它们之间织成了一张科学问题的大网。我们应当努力尽量清晰地把握住这张大网或至少把握住所选问题与其他相关问题的网结，看清我们所选中的某个科学问题在这张大网中与其他问题之间的种种关系与联系。所谓下向层次，就是把我们所选中的某个科学问题，放到一定的科学背景知识之下，将它分解为许多小问题或子问题，这些子问题又相互联系联结成一个下向的问题网络。在科学研究中，我们必须清晰地把握问题的下向网络，如此才能有效地着手进行科学研究。一个成熟的、有才能的科学家，往往能够高屋建瓴地清晰地把握住所选中的科学问题的上向网络和下向网络，从而使他具有指导研究的战略家的眼光。把握问题的上向网络十分有利于判定所选中的问题的价值和选题的合理性，我们将在下一章中再作讨论。在本节中我们讨论问题的分解，将更着重于关注问题的下向网络。当然，在科学中，问题的网络实际上具有某种立体式的结构，因此当我们试图对某个科学问题进行分解时，它的上向网络和下向网络是密切关联着的，并且常常是相互渗透的。

已经指出，科学中的问题总是有结构的。初看起来，一个问题似乎只是单一的“一个问题”，它是不可分解的。但是实际上，只要我们把一个问题一旦放到一定的科学背景知识和一定的社会技术经济背景之下加以分析，就会发现：在当前的科学背景知识之下，为了要解决眼前所要研究的这个问题，它所涉及的理论、手段和方法还存在着困难和空白，这些困难和空白就组成为一系列相互联系的前问题，解决这些“前问题”就成了解决所要研究的课题的必要条件。其次，一个课题总还有它自己的各个方面，其中的每一个方面都可能构成问题而成为我们的研究对象。这也就是说，任何一个科学问题总是设定了它自己的目标。为了着手研究这个问题，我们必须把这个课题的目标细化，相应地把所研究的问题再进一步细化为由许多子目标所指引的问题的网络。再次，任何一个问题在解决的过程中，必然会引申出某些新的问题，这些问题常常成为所要研究的课题的派生的问题。至于为解决所要研究的课题，当然也会遇到相应的社会的和经济方面的种种困难，这些困难同样将成为为解决所选中的课题的某种前问题或子问题。这样，围绕着所要研究的课题，就组成了具有一定层次结构的问题的网络。我们在本节中所要讨论的问题的分解，就是要使所研究的问题展开为这样的问题的网络，也就是使所要研究的问题细化和具体化。

二、问题分解的一般模式

由于对问题的分解总是和一定的科学背景知识以及一定的社会技术经济背景相联系的，总是只有把问题放到一定社会的科学技术经济背景之下才能进行分解，因此，对问题的分解方式，也总是和一定的科学知识背景以及社会技术经济背景密切相关。在不同的背景之下，对一个问题的分解方式将会不同。仅就问题的分解方式与科学背景知识的关系而言，我们从科学史上，就能明显地看到这种影响。建立统一场论的某种原初思想，可以说法拉第就已经提出来了，但是法拉第对问题的分解不同于爱因斯坦的分解，爱因斯坦对这一问题的分解又不同于当代科学家对同一问题的分解。因为在法拉第面临的科学背景知识之下，所看到的是自然界存在着电、磁、热、光和引力等等不同的力，他所要寻找的是自然界的这些力的统一。在爱因斯坦所处的科学背景知识之下，他所看到或注意到的是自然界的两种基本的力——电磁力和引力，而当代科学家们所看到的自然界的基本的力，已经不但有电磁力和引力，而且还有弱力和强力。因此，爱因斯坦建立统一场论所着力注意的是电磁力和引力的统一，而当代科学家们则认为至少要注意到这四种力的统一。由于他们所面临的或注意到的背景知识不同，他们对同一问题的分解方式当然也就不同。但是对于问题的合理的分解又十分重要，因为对于一个科学问题的分解方式是否正确，将直接影响到科学研究的成败。对问题的正确的分解方式将引导问题较顺利地获得解决；而对问题的错误的分解方式，则可能导致研究的失败，或使研究工作多走许多曲折的弯路。

由上可知，问题的分解方式不是唯一的，而且对同一问题的分解方式将因背景知识的变化而不同。那么，我们能否抽象出对科学问题进行分解的一般模式来呢？下面我们试图作一些初步试探性的尝试。

我们以为，科学问题分解的一般模式大致可以用图 5 - 1 作简要的描述：

图中，P_S 表示科学家所要解决的“科学问题”。我们曾经指出：我们应当把科学家所要解决的“科学问题” P_s，看作是两方面的要素之和：一方面是具有 D[Bs(t)，P] 值这种性质的问题本身（为方便，我们姑且约定性地称之为“科学探索性问题”），记作 P_{se}；另一方面，则是由 P_{se} 所引发的“科学疑难” P_{us}。P_{se} 描述 S_t 与 S_p 的差距，并以 $S_{pe}=S_t$ 为其结果，

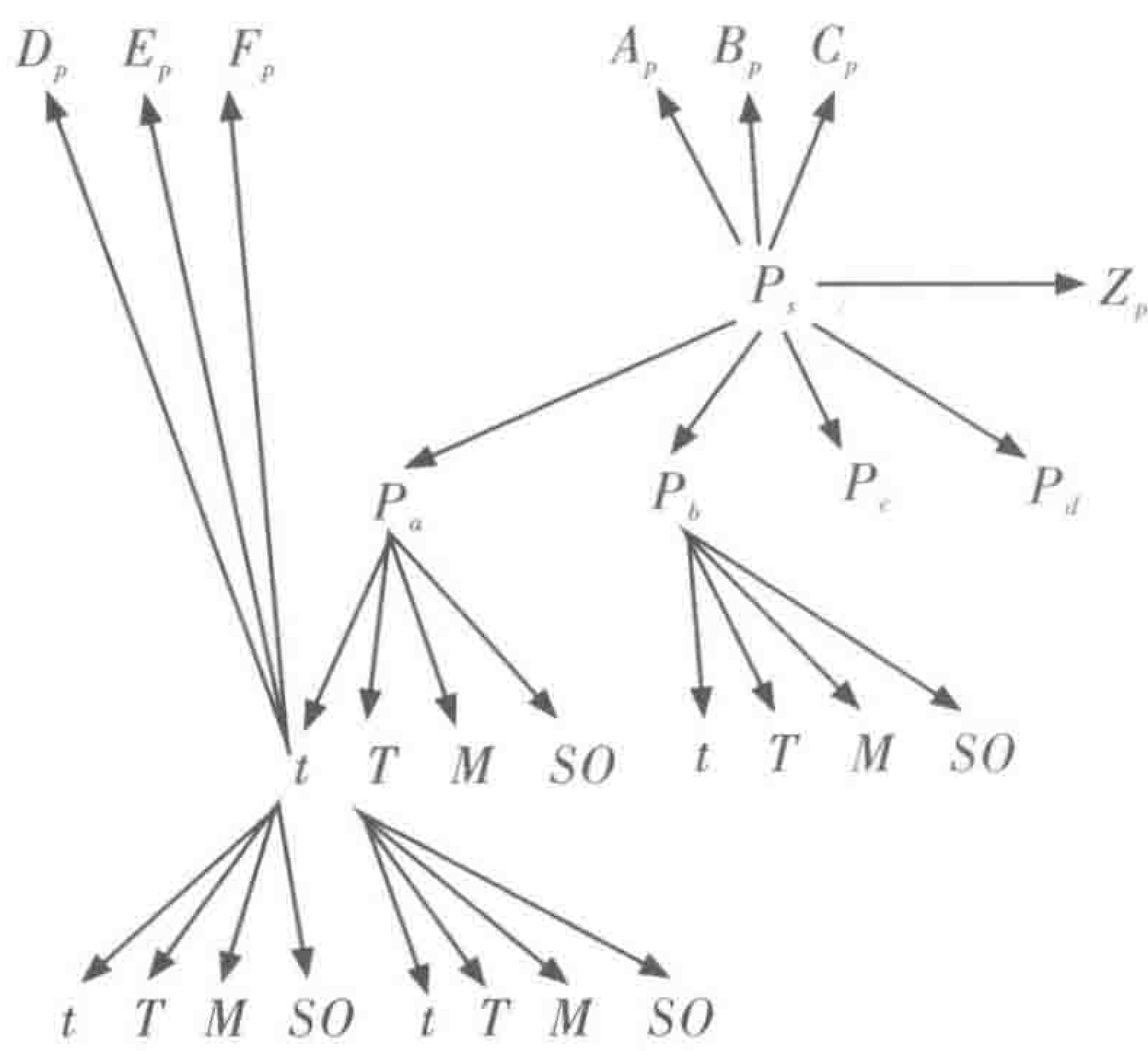


图 5－1 科学分解的一般模式

即若达到了 $S_{pe}=S_t$，则问题 P_{se}就算被解决了。而 P_{us}则是表明求解问题 P_{se}的理想 I（P_{se}）与当前科学技术背景能力之间的差距，它需要通过提高 Bs（t）的方式才能予以解决。科学问题的分解，实际上既包括对 P_{se}的分解，也包括对 P_{us}的分解。

科学问题分解的第一步是把 P_{se}本身按其目标分解为若干子课题 P_a，P_b，P_c，…其中每一个子课题都包含有自身可分解的子目标，它们还可以进一步分解为次一级课题。科学问题分解的第二步实际上是对 P_{us}的分解，即科学疑难的分解。这实际上就是以科学问题的求解理想 I（P_{se}）为目标考察当代科学技术背景能力与 I（P_{se}）所形成的差距。这一步实际上常常是以事先进行了第一步的分解为前提的。我们把经第一步分解后所确定的各子课题放到当前科学和技术经济背景下进行分析，就会发现各子课题 P_i（$1\leqslant i\geqslant n$）的求解理想 I（P_i）与当前的科学和技术经济背景能力存在着差距。这些差距可能是技术方面的（t）、理论方面的（T）、方法（包括数学方法）方面的（M），或甚至还有社会因素的其他方面的困难，如资金、人力、组织方面的困难（SO）。等等。当我们着手或试图去解决 t、T、M 的每一方面的困难或问题时，还可能进一步发现，为了解决它们，还存在着新的、以前未考虑到的 t、T、M、SO 方面的问题。如此继进，就可能使科学问题的下向网络细化和明晰化，并使为解决该科学问题的难

点和难度清晰化起来。

在分解 P_{us} 的过程中，在考察问题的难度时，还应当从两个角度上进行分析。一种是从主体的当前能力 b（t）来确定问题的难度，即 D[b(t)，P]；另一种是从当前的科学背景知识和社会技术经济背景能力 Bs（t）来确定问题的难度，即问题的客观难度 D[Bs(t)，P]。当我们从这些角度上进行了分析以后，就能发现，在我们所分解出的问题的下向网络中，被分解出来的众多子问题，大致上可以分为三类：①有许多子问题的求解完全在科研人员的能力 b（t）之内，因而对研究者根本不构成疑难，即它的 D[b(t)，P] =0。对于这类问题根本不需要当作课题来“研究”，只是要求研究者像学生做习题那样根据自己的已有能力来予以解决。②有许多子问题仅仅具有 D[b(t)，P] 值而不具有 D[Bs(t)，P] 值，即它们仅仅构成了“知识性疑难”。对于这些问题，研究者或者可以通过学习，掌握既有的知识和技能，或者可以委托别的单位和个人，来予以解决。③除了上述两类问题以外，留下来的就是那些不但具有 D[b(t)，P] 值，而且具有 D[Bs(t)，P] 值的“科学探索性问题”，它们成了科学研究中需要攻关的真正对象。当我们把这三类问题都解决了，我们就实际上或者有可能从总体上来解决所选中的科学问题 P_S 了。

值得注意的是，问题的分解是下向的，即是由母问题到子问题逐级往下进行分解的；而问题的解决则是上向的，即由子问题到母问题逐级往上进行解决的。所以解决问题的条件是首先能够对问题进行分解，明确由母问题到子问题到更次一级的子问题的科学问题结构的下向网络。西蒙曾说：“解决问题的努力必须经过对问题的努力理解。”这里所说的“对问题的理解”，至少包含着两层意思，一是明确问题的“目标状态”和“当前状态”；二是通过对问题的分解而明确问题结构的下向网络，并由此而理清问题的症结之所在。

在上面所曾描述的图 5－1 中，还包含有我们在下一节中所要讨论的科学研究中“问题转移”的三种方式的内容。其中 A_P、B_P、C_P 相当于下节所说的“问题转移”的第一种方式：一个问题解决以后，转向由此引申出来的其他相关问题。D_P、E_P、F_P 相当于下节中所说的“问题转移”的第二种方式：及时抓住机遇所提供的新线索，追踪新问题。Z_P 则相当于下节所说的“问题转移”的第三种方式：转换问题的提法——从一个新的角度提出问题。关于它们的具体内容，请见下一节的分析。

三、问题分解的意义

对于科学研究和科学发展来说，问题的分解具有十分重大的意义。

第一，问题分解是进行科学研究所必经的首要的环节。研究者拿到一个课题，如果对课题（问题）不加以分解或不会进行分解，就将不知道对课题的研究如何入手，如何进行研究，更不能预期研究中可能遇到的困难，甚至将不知道如何为研究进行准备，更有可能连一个合理的科研计划都制订不出来。相反，在科学研究中深入地做好问题的分解，即有层次地把握问题的下向网络，实际上就意味着预期课题将会以什么样的方式和步骤获得解决，它应当克服哪一些基本的难点，等等。因而，问题的分解将成为指导科学研究的强大的指导力量。

第二，问题的分解也是重大课题研究中组织协作攻关的前提条件。在当代的科学研究中，对于任何重大课题的研究，往往都必须组织庞大的多学科的综合队伍进行协作攻关。然而这种协作攻关，必须以事前对课题进行恰当的分解为前提。通过对课题的分解，从而明确解决各子课题所涉及的技术方面、理论方面、方法（包括数学方法）方面所面临的困难以及解决这些困难所从属的专业领域，以及这些困难的相互关系，然后我们才可能组织多学科的队伍，有序地、协同地分别对它们予以解决。

第三，有利于掂量问题的难度和难点及其可实现性，以便不失时机地摘取历史难题。在各门科学技术的前沿，对那些重大的历史性难题，科学家们都强调要恰到好处地掌握好进攻的时机。因为过早进攻，条件不成熟，可能花费了大量的人力、物力和财力而久攻不下，耗尽了科学家们可贵的科学生命时间而无所得；进攻迟了，丧失时机，则将在激烈的国际科学技术竞争中处于落后的地位，同样丧失掉做出重大贡献的可能。但是为了要恰当地把握住进攻的时机，同样必须以对问题进行细致而正确的分解为前提。因为只有进行了这样的分解，才能明白问题的网络，看清楚在一定的科学技术背景知识和社会的技术经济能力之下，为解决该问题将会遇到的基本难点并估计它们的难度和解决它们的可能性，为不失时机地在科学技术前沿发动攻坚战提供决策。举一个实例就能明白这一点。

1957 年，苏联率先成功地进行了载人（加加林）宇宙飞行，美国在空间竞赛中落后了。为了在空间竞赛中超过苏联，美国在科学论证的基础上，决定自 1961 年开始用 11 年（至 1971 年）时间，实施代号为“阿波

罗”的巨大的空间探测计划。这项工程包括把空间实验站送上轨道，实现空间站对接，把人送上月球，又从月球返回地面等一系列巨大的目标。这是一个惊人的设想。为了实现这一计划，需要动员数万个研究单位和企业的40余万名科学家和工程师参加这项工程的研制工作。在当时，在外人看来，此项计划所涉及的科学技术难度简直是不可思议的。但是，美国科学家经过把问题深入的分解，却得出结论：实现此项计划所涉及的机、电、材料、化工、通讯等硬件方面的科学技术问题，包括飞船、火箭和登月舱的研制以及各种接口技术和通信控制技术等等，实际上都已基本成熟，其中的各种困难，经过努力都是可以克服的；经费方面，虽然需要巨大的投资，但根据美国经济实力，也是可以承担的。实现此项计划的真正困难，倒是在于如何组织协调数万个单位的数十万名科学家和工程师，运用已有的理论和技术到这一项庞大的空间工程中去，就是说，实现此项计划的真正困难是在组织管理的技术方面。基于此，美国科学家们花了巨大的精力去研究系统工程的技术。由于美国科学家在“阿波罗计划”的实施中巧妙地运用了系统工程的方法和技术，于是美国人竟然出人意料地提前并且非常漂亮地完成了这项惊动世界的“阿波罗”登月计划。他们于1969年提前两年实现了登月，而且计划完成得非常出色。火箭实际进入地球转移轨道的时间与发射前预定的时间相比，分毫不差；飞船与登月舱的对接，比预定时间只相差15秒；返回地球的轨道，只相差1弧秒；进入大气层的时间与控制者的预定时间只差两秒；溅落到太平洋海域的精度只相差1弧秒；等等。美国科学家之所以能如此漂亮地提前完成这一巨大的空间计划，与他们事前深入地进行课题分解，从而看出问题的真正难点是在组织管理技术方面，从而着力研究和解决系统工程的方法和技术关系极大。后来，日本曾组织了一批科学家去参观实施阿波罗计划所采用的硬件设备和工艺，曾不胜感慨地发出了叹息：就那些工艺和设备而言，日本完全有能力把它们生产制造出来，但是就组织一项如此庞大而复杂的工程的协调和管理而言，日本尚无这方面的技术和能力。当年美国有胆略并成功地实施阿波罗计划，不失时机地实施如此巨大的科研攻关课题，与他们恰当地进行课题分解关系极大。

第四，问题的分解也意味着提出新的更深入的问题，这在科学研究和科学发展中具有独立的意义。它甚至常常能由此开辟出一门学科的新的研究方向，影响和指导几代人的研究。科学史已经表明了这一点。

例如，现在大家都承认，数理逻辑的创始人当推德国的著名数学家兼哲学家莱布尼兹。然而，之所以举世公认莱布尼兹为数理逻辑的创始人，主要却只是在于莱布尼兹最早提出了数理逻辑的基本问题并对这个问题进行了具有远见卓识的分解。至于对问题本身他是完全没有解决的。莱布尼兹曾经设想，是否能够创立一种符号化的通用语言，并用数学计算的方式来进行逻辑推理。他关于这些设想并没有留下系统的著作，现在所知道的仅是一些零星的话语。但仅就这些零星的话语，就可足见他对数理逻辑的惊人贡献。在给一位友人的信中，莱布尼兹曾经写道："要是我少受搅扰，或者要是我更年轻些，或者有年轻人来帮助我，我将做出一种'通用代数'，在其中，一切推理的正确性将化归为计算，它同时又将是通用语言，但却和目前现有的一切语言完全不同；其中的字母和字将由推理（或理性，reason）来确定；除却事实的错误之外，所有的错误将只由于计算失误而来。要创造或发明这种语言或字母将是困难的，但要学习它，即使不要字典，也是很容易的。"① 根据莱布尼兹的各种遗稿中的许多零星话语来看，他为解决他所提出的数理逻辑问题曾经作了一些基本设想，这些设想实际上就是他对于问题的分解。他认为为了要解决他所设想的问题，必须创造两种工具：一种是通用语言，另一种是推理演算。通用语言的主要任务是消除现存语言的局限性（没有公共语言，任何一种语言都不是人人都能懂的）、不规则性（任何一种语言都包含有许多不合理的语言规则），使得新语言变成世界上人人公用的语言，此外由于新语言使用了简单明了的符号和合理的语言规则，它将极便于逻辑的分析和逻辑的综合。而推演规则，则是用作推理的工具，它将处理通用语言，规定符号的演变规则、运算规则，从而使得逻辑的演算可以依照一条明确的道路进行下去。莱布尼兹本人并没有创造出这两种工具，甚至还没有来得及着手去做这些工作，因此，当然也没有创造出数理逻辑。但他确实曾经深刻地提出了数理逻辑的问题并对问题进行了具有远见卓识的分解，从而真正地指导了此后数理逻辑这门学科的发展。今天，莱布尼兹所提出的创造两种工具的设想在数理逻辑中已经部分地实现了。莱布尼兹以后直至今天的二三百年间，不管数理逻辑学家有没有看过莱布尼兹的著作，是否知道他的设想，但他们所做的研究却大体上都是沿着莱布尼兹指明的方向进行的。所

---

① 转引自莫绍揆《数理逻辑初步》，上海人民出版社 1980 年版。

以，莱布尼兹也就被理所当然地被公认为数理逻辑科学的当之无愧的创始人。他所提出的问题和对问题的分解曾经指导了二三百年间人们对数理逻辑的研究。同样，在某种意义上，牛顿在他的名著《光学》和《自然哲学的数学原理》中，都分别地提出了几十个“问题”。这些问题实际上也包含着他对光学和力学中许多重大问题的进一步分解，从而长时期地激励和指导了后代科学家们的富有成效的研究。实际上，不但对于某些重大科学问题的分解，常常开辟出一门新的学科的研究道路，影响和指导几代人的研究，有时候，甚至对于某些看起来非常具体的科学问题的分解，也往往带来同样深远的意义。20世纪美国的著名物理学家伽莫夫，曾经这样地评论了伽利略关于单摆的研究和对问题的深入一步的分解：伽利略在教堂做弥撒的时候，受到蜡架摆动的启发，进一步的实验终于使他发现了单摆的周期与振幅无关，与摆线上垂挂的重物的重量无关。然而，“为什么单摆的周期与‘振幅’无关，即与摆动的大小无关？为什么重的石头和轻的石头系在同一绳子的一端时，是以同样的周期摆动呢？伽利略一直没有解决第一个问题。因为这需要微积分的知识，而它几乎在一个世纪之后才由牛顿发明出来。他也没有解决第二个问题，这个问题要等到爱因斯坦关于广义相对论的工作问世才能解决。但是，他对这两个问题的系统提出无疑是有很大贡献的，虽然对它们的解答没有贡献！”①

由上可知，问题的分解对于科学研究和科学发展的意义是十分巨大的。一个科学工作者必须学会对问题的分解。对问题的分解能力，常常表现出科学家的深邃的洞察力和远见卓识，对科学研究和科学发展有着巨大的指导性的力量。一个成熟的科学家常常在这方面表现出特殊的才能。

第三节　科学研究中问题的转移

在前两节，我们分别讨论了课题的选择和问题的分解，这一节我们转向讨论问题的转移。

在科学研究中，经常会发生问题的转移。我们这里所说的问题的转移，并不是指在对问题进行分解的基础上，把一个大问题分解为许多小问题，然后按照预订的计划，从一个问题到另一个问题有步骤地进行攻关，

---

① 乔治·伽莫夫：《物理学发展史》，商务印书馆1981年版。

而主要是讨论与课题选择相关的某种形式的问题转移。它主要涉及如下三种情况。

一、一个问题解决以后，转向由此引申出来的其他相关问题

这就是图 5－1 中所标示的 A_p、B_p、C_p 等方面的问题。

科学研究的过程就是解决某一所选中的科学问题 p_s 的过程。但科学问题的解决，并不是消灭了问题，而是常常会由此引发出更多的新的问题。

这些问题，或者揭示了科学中更加深刻的困难。例如，19 世纪初马吕斯发现了光线的偏振实验事实以后，引出了光线的“横向振动”问题，为此，托马斯·杨和弗累涅尔提出了横波假说，维护了光的波动说，解释了广泛的现象，获得了重大成就。但由此却又引出了科学史上更加深刻的困难——以太悖论。因为光的横波假说是与传光的气状以太媒质的假定相矛盾的，由此还造成了在更广阔的背景上机械论科学传统的困境。

或者，它们在应用方面展现了更加诱人的美妙的前景。例如，麦克斯韦和赫兹的电磁波理论与实验的成功，很快向人们展现出了它在无线电广播和通讯等等方面的无限广阔的前景；又如，伦琴关于 X 射线的发现，很快向人们展现出了它在医学、工业探伤等等方面广泛应用的可能性。

另外，由于任何一个科学问题的解决，任何一项科学中的发现或发明，都可能给人带来新的启发和新的思路，提供出新的理论工具或新的实验手段等等，从而就有可能使得科学中的原有难题，甚至是十分不同的学科中的原有难题，或明或暗地展示出获得某种新的解决方法的可能性。这方面的实例不胜枚举，正如廷德尔所说：“知识一经获得，便给自己的周围投射上微弱的光亮。意义十分有限而不能披露自身以外事物的发现是没有的。”

因此，一个科学问题的解决，很自然地必然会引导科学家进入由此产生的科学中的新问题和新可能性 A_p、B_p、C_p…的研究。也就是由一个问题研究的完成而转入对另一个相关问题的研究。像这一类所谓“问题的转移”，十分类似于在战争中攻克了敌人的一个堡垒和一道防线以后，继续向敌人的纵深防线进攻，这种进攻，在某种意义上，并不是战场的转移，而主要表现为向纵深发展以扩大战果的努力。许多科学家一生研究的足迹常常表现为这种类型的课题的转移，像爱因斯坦一生从狭义相对论—

广义相对论—统一场论的研究，就表现出这种问题延伸的序列。有时，科学中某一个问题，特别是某一种关键问题的解决，常常有可能由此引申出和展现出一系列新的问题和一系列新的可能性，并吸引全世界许许多多科学家转移到这些新的问题和新的可能性上来进行研究，从而造成科学中一系列连锁反应似的新的发现和发明，就像美国物理学家费曼所说的，有可能由于某一个发现而引发一系列新发现和新发明所造成的“雪崩”。例如，伦琴在1895年所发现的X射线以及贝克勒尔关于放射线的研究，曾经明显地引起过这种“雪崩”。

我们从事科学研究，如果条件允许科研工作者自主地来选择课题，那么我们就应当尽量使我们所选择的课题把握住问题发展的这种脉络，使前后课题具有某种相关性，而不要在一些毫不相关的课题上东一棒子、西一锤子地乱打。如果这样，就必然不能使研究深入，从而造成事倍功半，甚至事费功微的后果。在某种意义上，即使一个研究单位所进行的有计划的研究，也要考虑稳定研究方向，使所研究的课题沿着一定的脉络具有前后的相关性。

二、及时抓住机遇所提供的新线索，追踪新问题

研究者有明确的方向和目标，当一个课题研究完成以后，按照问题本身的逻辑，发展到由此引申出来的另一个相关问题上进行研究，这是研究者转换课题的一种理想形式，但不是唯一合理的形式。

研究者在科学研究中，往往可能由于机遇而提供出新线索，展示出新问题。而这种新问题十分可能比手头上正在研究着的这个问题更有意义，更有获得成功的希望。这时，研究者就应当及时抓住新线索，追踪新问题，必要时要不惜放弃正在研究而尚未完成的课题，马上转移到这个新捕捉到的、更有价值、更有希望获得成功的问题上来。比如，伦琴观察到涂有亚铂氰化钡的纸屏发出荧光的现象时，手头正在从事当时所热门的阴极射线的研究，但他没有放过这一“不可思议”的“怪现象”，而是抓住新现象所提供的新线索，追踪不息，终于很快得到了重大的成果。从1895年11月8日第一次在机遇中偶然发现涂有亚铂氰化钡纸屏上发出荧光，到1895年12月28日发表具有伟大历史意义的关于X射线的第一篇详细论文，中间只经过了不到两个月的时间。这两个月的时间虽短，但它在科学中的影响却十分深远，因为由此造成了科学中一系列新发现和新发明的

“雪崩”。弗莱明也曾经十分强调地指出：如果他当时拘泥于既定计划的课题，而对新冒出来的线索不予理睬，更不去追踪这条新线索，那么，他就发现不了青霉素了。值得注意的是，科学中大部分重大的具有革命性的发现都是这样做出的。所以，所有有造诣的科学家都十分强调在科学研究中应注意发现和追踪机遇事件所提供的意外的线索。贝弗里奇在他的《科学研究的艺术》一书中曾经强调地指出：“科学研究的一般战略是研究时具有明确的目标，但同时保持警觉，注意发现并捕捉意外的时机。”并且“当发现有成功希望的线索时，应尽可能暂时放下其他活动和有趣的问题，而全力追踪这个线索”。然而，同时应当强调的是，机遇所提供的线索和由此所展示的问题可能是各种各样的，它们对于一个具体的研究工作者来说，并不是都同样地值得追究的。因此贝弗里奇又告诫说：“任何思想敏锐的人，在研究的过程中都会遇到无数有趣的附带问题，可以进一步研究下去。对所有这些问题加以研究，在体力上是办不到的。大部分不值得研究下去；少部分会出成效；偶尔会出现一次百年难逢的良机。”他强调“如何辨别有希望的线索，是研究艺术的精华所在。具有独立思考能力，并能按其本身的价值而不是根据主宰当时的观念去判断佐证的科学家，最有可能认识某种确属新东西的潜在意义”。许多初学研究工作的青年科学家，对于捕捉机遇常常是敏锐然而又缺乏经验，因此，贝弗里奇告诫说：“初试者在遇到计划以外的重要线索时，应当与指导自己的人进行讨论。因为，他虽然可能发现应该追踪的有益线索，但如果对于出现的每个未解之题都追踪下去，那是既不可能也不合适的。在这些问题上提出建议并帮助解决出现的困难，就是研究工作的指导人员的主要任务。”

在当代所盛行的有计划研究的条件下，课题常常并不是研究工作者自选的。这时，能否及时捕捉机遇所提供的新线索以及由此所展示的新问题，就需要研究工作者和科研的领导工作者密切配合，因为研究工作者在科研实践中抓住了意外的新线索，捕捉到了新问题，只有被批准并列入计划以后，才有可能当作一个新课题进行研究。

在图 5-1 中，D_p、E_p、F_p 所标示的就是科学研究中这种问题转移的方式。

三、转换问题的提法——从一个新的角度提出问题

在科学研究的过程中，除了上面所说的两种课题转移的方式以外，还

有一种情况值得注意，这就是在研究中转换问题的提法，从一个新的角度提出问题。

在科学研究的过程中，常常发生意想不到的严重困难，以至于虽然事先很有信心地选中了某一个问题，但在这个方向上进行研究却长期不得进展，最后像是啃了一个酸果，背上了沉重的包袱，似乎再也搞不下去了。这时，非常可能使科研的领导者甚至研究者本人丧失信心，外界的非议也会多起来。然而，在这种“山重水尽疑无路”的时候，如果能从一个新的角度上仅仅对问题转换一种提法就可能使人顿开茅塞；沿着这个新的角度去探索问题，有时竟可能迅速展现“柳暗花明又一村”的美妙前景，并且还可能在这个方向上获得重大成果。科学史上不乏此例。例如，古代炼金术总是在寻找使贱金属变成贵金属的方法，它们提出的问题总是“如何（用化学的方法）使贱金属变成贵金属”，而波义耳却适逢其时地从另一个角度提出问题：“（用化学的方法）把贱金属变成贵金属是可能的吗?”沿着这个方向进行研究，他建立了元素论化学，成为近代化学的真正的奠基人。所以，科学家们都强调，要善于“从不同的角度看问题，找出新的途径”（贝弗里奇语）。爱因斯坦也曾经强调说，从新的角度去看旧的问题，需要有创造性的想象力，而且往往标志着科学的真正进步。他甚至认为他的相对论也正是从一个新的角度去看旧的问题的产物。因为正如他所指出，尽管自古以来人们意识到相对的运动，但物理学却一直以绝对运动的概念作为基础。光学曾假设存在一种同其他运动状态都不同的特殊运动状态，即光以太的运动。所有物体的运动都应该以光以太为参照才具有意义……“但是，在目的在揭示以假想的光以太为参照的特许运动状态的物理实验都失败以后，问题就应该反过来加以考虑了。这就是相对论系统地做过的工作。”确实，科学的历史已经证明，在科学研究的过程中，是否善于从新的角度上提出问题，常常是科学研究中造成突破的重大关键。发现维生素的一些先驱们都有这方面的特别引人注目的经验。克里斯琴·爱杰克曼于1895年被荷兰政府派往东印度的殖民地（即今印度尼西亚），要求他查清在当地居民中流行的一种跛脚病——脚气病的原因。由于在当时，巴斯德的细菌致病理论获得确证并得到广泛传播，因此交给他的具体课题是研究“引起脚气病的细菌”就是很自然的。但是，这项研究工作在这个方向上进行了两年却毫无结果。这时，爱杰克曼跳出传统观念，从其他角度上来提出问题。他设想各种因素，如食用稻米的生

长期、品种、出产地、加工方法、居民的居住条件、人口密度等是否会与脚气病有联系。这样，他就把视野拓宽，并从不同的角度上加以审度。最后，他终于在否定许多设想以后，发现脚气病与居民所食用的稻米的加工方法关系极大。食用精白米的居民中脚气病的发病率最高，而食用糙米却每每能够治愈脚气病。虽然他对于这个现象的解释仍然是错误的。他认为在磨光的稻米（精白米）中包含有一种引起脚气病的毒素，而这种毒素会由于食用包含在谷粒外皮中的一种物质而失去作用。尽管如此，他显然已经向问题的解决迈进了一大步，并且切实地为后来霍普金斯和卡斯米·芬克发现维生素奠定了基础。芬克自 1910 年开始研究脚气病的原因。他沿着爱杰克曼开辟的道路前进，但却又从另一个新的角度上提出问题。因为他设想，既然科学家们始终不能从精白米中提取出某种能引起脚气病的有毒物质来，那么会不会在糙米中存在着某种营养物质，人们仅仅由于缺少这种营养物质就会引起脚气病呢？在这个方向上进行研究，他终于发现了有一种重要的物质存在于稻米的外层表皮，而不存在于精白米中。芬克分离出了这一种物质，并于 1912 年发表了论文《营养缺乏症疾病的病因学》。在那篇论文中他首先创造出一个新名词“维他命”（Vitamins），并用它来称呼他所发现的新物质。现在我们知道，他所发现的只是维生素的一种，即维生素 B。芬克发现仅仅由于缺少一种营养物质就能致病，并且提纯出这种营养物质来治病，这确实是科学史上的一项划时代的伟大成就。因为在此之前，人们只知道细菌和毒素能够致病，而现在，人们终于知道，仅仅由于缺少了人体所必需的某种营养物质也能够致病。它大大地扩大了人们的视野。从此以后，科学家们致力于研究有哪些人体所必需的营养物质，并由此引出了一系列新的发现。芬克和爱杰克曼、霍普金斯一起为此获得了诺贝尔科学奖。十分明显，在维生素的发现史上，几乎每一次重大的突破，都是和“从新的角度上提出问题”相联系的。这对于科学中的重大发现来说，几乎具有一般性的意义。事实上，不但科学中的发现是如此，甚至技术上的重大发明也是如此。雷达的发明就是生动的一例。1935 年，英国物理学家罗伯特·沃森·瓦特受政府的委托，被要求研制一种“死光”。当时所能设想的“死光”，只不过是一种电磁波而已。因为当时人们知道，某些波长很短的电磁辐射能加害于人体。而当时又面临第二次世界大战的前夕，于是人们就对电磁波产生了一些似乎不无根据的设想，企图用它来消灭远处的敌人，甚至用它来击伤和击毁敌人的飞

机。瓦特根据政府的这项要求，进行了许多研究。然而，瓦特的这些研究都失败了，他发现，要想依靠某种电磁波来击毁和击毙远处的飞机或机上的飞行员是不可能的。但是，瓦特并不因此马上丢弃这一课题。他转而设想：飞机会不会把我们所发射的无线电波反射回来呢？如果会，那岂不是我们可以及早地知道敌人的飞机来袭吗？瓦特就这样转换了一个问题的提法，从一个新的角度提出问题。沿着这个问题的思路，他终于较快地发明了世界上第一台雷达装置，这种装置在第二次世界大战中发挥了强大的威力。

所以在科学研究中遇到似乎“山穷水尽”的困难，并不一定要使人对课题丧失信心，以至于迫使所研究的课题下马。在研究工作中，善于从新的角度上提出问题，转换一种问题的提法，常常就能使研究工作发生转机。这种重新审察问题的提法，从新的角度上提出问题的努力，从某种意义上，就是寻求对问题的正确提法的努力。因为正如我们前面所说，问题的提法是否正确，常常预先决定了研究工作的成败。一个错误的问题，能使研究工作导致失败；而正确地提出问题往往能引导人们在科学研究中较顺利地获得成功。正是在这个意义上，海森堡强调“提出正确的问题往往等于解决了问题的大半”。可以设想，如果爱杰克曼始终沿着“脚气病是由什么细菌引起的”这样的问题进行研究，他能使研究取得成果吗？不可能！因为这个问题的提法本身是错误的，是一个错误的问题。正如我们已经指出，所谓错误的问题，乃是一种其问题的提法本身是没有解的那种问题，具体说来，就是在应答域预设中不包含问题之解的问题；一个错误的问题会把研究引向歧途，因为在这个方向上人们不可能得到问题的解。爱杰克曼的伟大功劳，就在于他摆脱了原来的错误的问题提法，端正了问题的方向：脚气病是不是与食用精白米有关？然而在这个方向上，他还是没有能真正端正问题的提法，因为他所提出的问题是：脚气病是由一种什么样的毒素引起的？而精白米中包含有这种未知的毒素。然而这仍然是一个错误的问题，因为既然脚气病并不是由毒素引起的，那么探索“脚气病是由什么毒素引起的”这个问题就不可能有解。芬克又从新的角度上提出问题：脚气病是不是由于缺乏某种营养物质引起的？才终于端正了问题的提法，发现了脚气病的原因是缺乏某种维生素（维生素 B）。然而，在这里，我们应当再次强调，正如我们所已经指出，要想事先判断一个问题的提法是正确还是错误，往往是十分困难的，而且常常是不可能

的。它通常需要我们在艰难的摸索中善于从失败中吸取教训，不断试探性地转换问题的提法，放开思路，这样，才可能逐渐端正问题的提法。在图5－1中Z_p所标示的就是科学研究中这种类型的问题转移方式。

然而，必须强调，人们对于问题的提法总是和背景知识以及某种先行假说相联系的，问题的提法本身已经包含着某种假说的成分，或者是以某种假说为其前提的。因此，一个研究者要能够善于提出问题和从新的角度上提出问题，就必须保持探索者应有的怀疑精神，不固执于已成的理论和假说，包括自己所钟爱的假说和设想。

在科学研究中，选择课题应当慎重。但课题既经上马，就不要轻易丢弃和下马。只有当做出了各种努力，包括转换问题的提法，而仍然没有出现新的进展，或者客观条件不允许，迫不得已的时候，才应当放弃已经开始的课题，认为它在目前条件下无法解决而予以终止。然而，正如贝弗里奇所强调："一遇困难，或为别的研究方向所吸引而冲动，就立刻放下手里的难题，这可是科学工作者身上的严重缺点。一般说来，研究一经开始，研究人员就应竭尽全力去完成。一个不断改变自己的任务，去追逐新想到的高明设想的人，往往是一事无成的。"

第六章　科学中问题的难度评价和价值评价

我们曾经指出，选题是一个十分困难的过程，因为在正确选题所要遵循的每一个原则中，都有一些难以捉摸的因素在起作用，特别是对于科学问题的价值评价和难度评价，包括 D[Bs(t)，P] 和 D[b(t)，P] 的评价，迄今仍是一个无人耕耘过的悬而未决的问题。而这两者在任何科研选题中又占据举足轻重的地位。我们还曾指出，对于科学研究来说，选题乃是一件复杂而首要的事情，基于此，所以，当代科学学的创始人、英国著名科学家贝尔纳曾经指出："课题的形成和选择，无论作为外部的经济技术要求，抑或作为科学本身的要求，都是研究工作中最复杂的一个阶段。一般说来，提出课题比解决课题更困难……所以评价和选择课题，便成了研究战略的起点。"① 由于选题本身是一个如此困难而复杂的任务，所以许多科学家强调，科研的选题本身就是一项科学研究。在选题这项"科学研究"中，由于不可捉摸或难以捉摸的因素太多，因此选题是否正确，就不能不带有一定的风险。但是，真正地说来，选题正确与否的风险，主要是来自对科学问题的价值评价和难度评价无法把握。我们能否在这个方向上前进一步，哪怕是极其微小的一步呢？在本章中，我们试着来做一些探索。

第一节　科学中问题的难度评价及评价模式

在科学研究中，对科学问题的难度评价是一项既复杂又重要的工作。因为课题的难度涉及我们在科研中所需要投入的力量的组织，包括人力、物力、财力等等方面的组织，特别是，它甚至还预先决定了科学研究的成败，因为如果课题的难度超过了一定的范围，它为目前的科学技术背景能

---

① 贝尔纳：《科学的科学》，载《研究》1955 年第 12 期。

力所不可能解决，或者为承担该课题的课题组所不可能解决，那么，像这样的课题研究，事先就将决定了它是不可能成功的。但是，在科学研究中，如果选择了一个原则上不可能成功的课题，这种选题就是错误的。正如美国贝尔研究所前副所长莫顿所曾经强调的："选择题目不能草率，如果根本没有实现的可能，选题就等于零。"①

在具体的自然科学研究中，对具体的科学研究课题做出难度评价，这是科学家的事。但是，对科学问题的难度评价提出一般性理论或评价模式，却又不是任何一门自然科学的任务。它只能是科学哲学或作为科学哲学的一门分支学科的"问题学"的任务。但迄今为止，科学哲学家们尚未去研究这个问题，更不用说尚停留在孕育过程之中的"问题学"了。但对科学问题的难度评价提出一般模式或理论，看来仍有它的必要性和迫切性。因为科学家们在对具体课题的难度做出评价时，并无任何理论可以遵循。在实际的对科研课题的难度做出评价时，往往只是在掌握相关背景知识的基础上依据某种直觉。但直觉常常并不总是可靠的。此外，许多科学家在做出许多成功的科学问题的难度评价时，如美国宇航局的科学家们在对"阿波罗计划"的难度做出评价时，实际上是依据了某种潜在的模式，但这种潜在的合适的模式却并未被明确地阐明。

在历史上，确实已有某些杰出的学者关注过科学问题的难度评价问题。例如，美国著名的认知科学家、人工智能专家、诺贝尔经济学奖金获得者西蒙在其所著的《人类的认知——思维的信息加工理论》一书中，就曾提出过这样的问题："为什么有些问题容易，有些问题困难，即问题难度的基础是什么呢?"② 但他并未能对此问题做出任何正面的回答。他似乎曾经设想过能否用问题的搜索空间的大小来估量问题的难度，因为似乎"问题的搜索空间大，可能就困难"③。但深思熟虑的西蒙马上否定了这种可能性。他回答说："不能仅从表面上搜索空间的大小来判断问题的难度。有些问题看上去不大，可是很难解决。"④ 他并举出了许多实例来

---

① 《科学》，1978 年 5 月 19 日。

② 西蒙《人类的认知——思维的信息加工理论》，科学出版社 1986 年版，第 59 页。此书为西蒙于 1983 年受中国科学院邀请，到中国科学院心理所所做的系列讲演集结而成。出版时，西蒙以他的中国名字司马贺的名义出版。

③ 同上。

④ 同上。

说明他的这种回答的合理性。更何况，并非任何问题的搜索空间的大小都是可以计算的，乃至是可以做出数量上的比较的。事实上，问题的难度也很难用单独的一种指标来进行度量。

问题的难度评价确实是一个十分困难的问题。一方面，问题的难度所涉及的影响因素实在太多；另一方面，对问题的难度也很难做出真正客观的、可公共一致的评价。虽然我们曾经指出："'疑难'（P_u）所描述的乃是某一特定问题的求解理想与智能主体的当前能力的关系，由此就会引出对任一问题 P 在特定背景下所具有的'难度'（degree of difficulty）的估量问题。由于所涉及的智能主体的性质不同，任一问题的难度 D 可作两种描述，分别记作 D[Bs(t)，P] 和 D[b(t)，P]。其中 Bs（t）表示 t 时的科学技术背景能力，b（t）表示 t 时解题者（个人或小组）的能力。D[Bs(t)，P] 表示问题 P 相对于当前（t 时）科学技术背景能力所构成的难度；D[b(t)，P] 表示问题 P 相对于解题者（如课题组）的当前能力所构成的难度。问题的这两种难度原则上都是可以做出相对客观描述的。"但是，应当强调，这至多也只能是某种"相对的"客观描述而已。原因就在于：虽然问题的求解理想 I（P）和智能主体的当前能力 Bs（t）或 b（t）都是有可能作某种程度的客观描述的，但由它们两者所构成的难度 D 却又是另一回事了。因为问题的解决是否困难，除了与上述因素有关以外，还显然与解题者主观上的解题思路，甚至偶然的顿悟有关。我们且举若干实例予以说明：

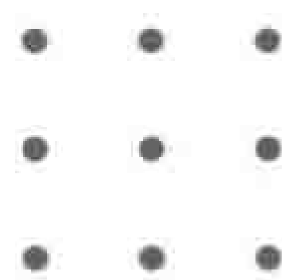
例一：要求心算一道算术乘法题 104×96 =？对于这道题，如果要用竖式乘法来做，则心算就相当困难：

$$
\begin{array}{r}
104 \\
\times \quad 96 \\
\hline
624 \\
936 \\
\hline
9984
\end{array}
$$

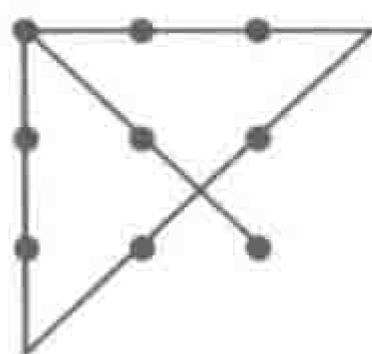
但是，如果我们换一种思路，把问题等价地改换成（100 +4）(100 -4）=？那么，这道题的心算就十分简单了。因为

$$(100+4)(100-4)=10000-16=9984$$

例二：试画四条直线（而不是三条或五条）通过如下九个点：



骤然看来，这个问题几乎是不可解决的。它真可谓是难上加难了。但是如果突破某种思维定向，按如下方式解决，那么它就变得很容易了：



其实，心理学测试中常被使用的书生与野人渡河等问题也是如此。关键是要想到某种思路。一旦有了某种合适的思路，所谓的“难题”就会突然变得容易了。

以上实例说明，问题的难度很难做出真正客观意义上的评价，因为它与解题者的思路甚至突然的顿悟有关。

但是，尽管如此，我们毕竟还是有可能对问题的难度作出相对客观的评价，无论是对于 D[Bs(t)，P] 的评价，还是对于 D[b(t)，P] 的评价。因为既然疑难 Pu = I（P） − A，而问题 P 的求解理想 I（P）就是要缩小 S_p 与 S_t 之间差距直至使得 $S_{pe} = S_t$。由此我们就可以明白，影响问题的难度的主要因素是三个：①问题的目标状态 S_t；②问题的当前状态 S_p；③能力 A。其中，对于 D[Bs(t)，P] 而言，A = Bs（t）；对于D[b(t)，P] 而言，A = b（t）。

问题的目标状态显然影响问题的难度。问题所追求的目标愈高，或者说问题的目标约束愈严厉，那么问题的难度就愈大。正如我们前面所曾经举过的打靶的例子那样：“靶”由许多同心圆组成，如果我们打十发子弹，只要求有一发子弹命中目标就行，那就比较容易；如果要求十发子弹都命中目标，难度就显然增加了；如果进一步要求每发子弹都必须命中五环以上，这难度就进一步增加；如果要求十发子弹中每发都必须命中十环，这难度就会高得难以想象，恐怕连世界射击冠军都难以做到了。此外，在科学和工程技术中，它的问题通常都是多目标的，这些目标之间有些可能是相互制约和相互有矛盾的。这就需要我们协调这些目标，求取实现这些目标的最佳方案。例如，长江三峡工程，它的目标中包括防洪、供

水（包括农业灌溉、向周边城市和厂矿供水、南水北调等）、发电、航运等项目，这些项目有些是相互间有一定矛盾的。因此，在工程方案的设计中，就需要协调这些目标，求取经济和社会效益最佳的方案。但这样一来，也就会增加许多困难，增加方案设计和工程的难度。

问题的当前状态当然也影响问题的难度。问题的当前状态离实现相关的目标状态距离愈远，问题的难度就会愈大。我们在解决问题的过程中，必须不断地改变问题的当前状态 S_p，使之最终达到目标状态，即实现 $S_{pe}=S_t$。如果问题的当前状态离解决问题所需要的目标状态愈远，这中间所要克服的困难就会愈多，难度也就会相应地愈大。例如，为了建设三峡工程，就要造大坝，建水库。而这就要求坝址和库区的地质条件要好。但是如果坝址地质条件不好，库区范围内又多喀斯特地貌，蓄不住水，那就会使工程的实施增加许多困难，从而也就增加了它的难度。

问题的难度与"能力"的关系从两个公式 D[Bs(t)，P] 和D[b(t)，P] 以及 Pu = I（P） - A 中就已经可一目了然了。显然，某一问题对于某个解题者（个人或课题组）所构成的主体难度 D[b(t)，P] 与该主体的能力 b（t）有关；而某一问题对于 t 时科学技术背景能力所构成的难度 D[Bs(t)，P] 则与 t 时的科学技术背景能力 Bs（t）有关。由于在任何时候，任何 b(t) 总是小于 Bs(t)，所以 D[b(t)，P] 总是大于D[Bs(t)，P]。

然而，如何真正地来掂量某个科学问题或工程技术问题的难度呢？这实在又是与问题的细致的、合理的分解密切相关的。

当我们认真地来掂量某个科学问题或工程技术问题的难度时，我们首先应该按照问题的目标把它分解为许多个子问题，甚至把子问题按照目标树再进一步分解为下一级的多个子问题。这样就会把某个科学问题或工程技术问题分解为由不同等级的子问题所构成的"问题树"。在这基础上，我们再分别对每一个子问题从它所构成的疑难的角度上进行再分解。我们记得，由问题 P 所构成的疑难 Pu = I(P) - A。所以从这个角度上进行分解，将使我们看到每一子问题的求解理想与我们的当前能力的差距，因而也就是可以让我们逐个地掂量出这些子问题的难度。我们在本书本章第二节中谈到科学问题的分解时就已经指出："科学问题分解的第一步是把 P_{se} 本身按其目标分解为若干子课题 P_a、P_b、P_c…其中每一个子课题都包含有自身可分解的子目标，它们还可以进一步分解为次一级课题。科学问题分解的第二步实际上是对 P_{us} 的分解，即科学疑难的分解。这实际上就是以

科学问题的求解理想 I（P_{se}）为目标考察当前科学技术背景能力与 I（P_{se}）所形成的差距。这一步实际上常常是以事先进行了第一步的分解为前提的。我们把经第一步分解后所确定的各子课题放到当前科学和技术经济背景下进行分析，就会发现各子课题 P_i（$1 \leqslant i \geqslant n$）的求解理想 I（$P_i$）与当前的科学和技术经济背景能力存在着差距。这些差距可能是技术方面的（t）、理论方面的（T）、方法（包括数学方法）方面的（M），或甚至还有社会因素的其他方面的困难，如资金、人力、组织方面的困难（SO），等等。当我们着手或试图去解决 t、T、M 的每一方面的困难或问题时，还可能进一步发现，为了解决它们，还存在着新的、以前未考虑到的 t、T、M、SO 方面的问题。如此继进，就可能使科学问题的下向网络细化和明晰化，并使为解决该科学问题的难点和难度清晰化起来。”其实，这里所说的问题分解的方式，不但对于科学问题是合适的，而且对于工程技术问题或其他种类的问题，同样是合适的。这样，就很清楚，对问题的难度分析是与对问题的分解紧密相连的。

所以，如果我们暂时撇开“问题树”的具体结构，简化地假定一个问题 P 可分解为 n 个子问题 p_i，如此，就可简化地表示问题的结构如下：

$$p = \sum_{i=1}^{n} p_i$$

每一个子问题 p_i 的难度 $D(p_i)$ 又可以分解为技术方面的、科学理论方面的、方法（包括数学方法等）方面的、社会因素诸方面的（包括经济、人力资源、组织等方面的）等。如果我们以 $D_t(p_i)$ 表示子问题 p_i 在技术方面的难度；以 $D_T(p_i)$ 表示子问题 p_i 在科学理论方面的难度；以 $D_M(p_i)$ 表示子问题 p_i 在方法方面的难度；以 $D_{SO}(p_i)$ 表示子问题 p_i 在经济、人力资源、组织等社会诸因素方面的难度。等等。则有

$$D(P_i) = D_t(p_i) + D_T(p_i) + D_M(p_i) + D_{SO}(p_i) + \cdots$$

而整个问题的难度 D（P）在简单的情况下有

$$D(P) = \sum_{i=1}^{n} D(p_i)$$

如果各个 $D_t(p_i)$、$D_T(p_i)$、$D_M(p_i)$、$D_{SO}(p_i)$ 等是相互影响、相互作用的，则应当用交叉增援矩阵法进行计算。

但是，真正的困难是如何对各个 $D_t(p_i)$、$D_T(p_i)$、$D_M(p_i)$ 进行计算？这个问题，迄今为止无法进行回答，因为对于 $D_t(p_i)$、$D_T(p_i)$、

D_M（p_i）中的每一个都会存在许多进一步的影响因子，而这些因子有许多不可量化，甚至相互间具有不可比性。在实际的科学研究或工程技术研究工作中，通常只能对它们做出定性的估计。但我以为，尽管如此，我们还是有可能使这种估算具有更多的合理性。实际上，我们可以引进当前系统工程中常用的一种技术——系统评价技术，来使那些不可量化的指标数量化，使那些本身不可通约的指标通过“标准化”处理并赋予合理的加权系数而成为可以定量比较的。尽管通过这种评价技术所获得的结果仍然可能带有某种主观性，但我们还可以进一步运用系统工程中所提供的其他方法使这种方法合理化，包括使我们所赋予的加权系统合理化。这种做法，不可能完全解决问题的难度评价中的某种主观性。但我认为，我上述的对问题难度的评价或估算模式，对我们的实际工作仍然会有一定的启发价值，这是没有疑问的。所以，我以为，我在这方面试探性地迈出的小小的一步，也许并不是完全没有意义的。笔者诚望有志的青年学者能在这方面做出真正有意义的工作。

第二节　科学中问题的价值评价及评价模式

比起科学问题的难度评价来，科学问题的价值评价也许是一个更为复杂和困难的问题。对科学问题的价值评价，不但影响因素多而复杂，而且更难避免主观性。此外，在实际的评价活动中，对纯科学问题、应用科学问题、技术问题、工程问题等等的评价，它们各自的评价方式、主要评价指标都是各不相同的，不可混为一谈。因此为了方便，我们在本节中只限定于讨论纯科学问题的价值评价。不可轻易把其中的结论套用到应用科学问题，特别是技术问题或工程问题的评价上去。

正如科学问题的难度评价一样，科学问题的价值评价也是科学家们十分关注的问题。但正如对科学问题的难度做出评价一样，尽管对某个具体的科学问题做出价值评价，是科学家们在科学研究中无法回避的工作，但探讨科学问题价值评价的一般模式或理论，却又不是任何一门具体自然科学的内容。它只能是科学哲学或作为科学哲学的一门分支学科的“问题学”的任务。然而，迄今为止，在科学哲学中，对科学问题的价值评价提出一般模式或理论，却几乎仍是一片无人耕耘过的处女地。虽然劳丹曾

经说："一种科学哲学或一个科学进步模式若要令人满意，必须提供某些指导原则，这些指导原则不仅能用来辨识科学问题，而且还能用来计算这些科学问题的相对重要性"①，以便能够"制定出某种以所得抵消所失的方法"②。但实际上，劳丹从未提出过任何可以"用来计算这些科学问题的相对重要性"和"某种以所得抵消所失的方法"。所以，到头来，关于科学问题的价值评价的理论仍然是一片空白。

在科学的历史上，科学家们都曾经十分关注于思考科学问题的价值评价问题，试图对这个困难的问题做出回答，但却难有收获。希尔伯特于1900年在国际数学家大会上在其所做的题为《数学问题》的著名报告中，不得不痛苦地做出结论："要想预先正确地判断一个问题的价值是困难的，并且常常是不可能的，因为最终的判断取决于科学从该问题得到的获益"。初看之下，希尔伯特对这个问题的回答是令人失望的。但在仔细的推敲之下，他的这个回答无疑又是正确的。这是因为，一方面，人们判定一个问题之是否有价值或重大价值，总是和一定的科学背景知识以及这个背景知识之下的问题之网相联系的；人们总是只能根据一定的科学背景所提供的知识和相应的问题之网来判定一个问题之是否有价值或有多大价值（关于这个问题，我们后面将要论及）。因此，人们除了当时的科学背景所能提供的知识和相关的问题之网以外，不可能另外再有什么判定科学问题价值的可靠的或客观的标准。当时的科学背景知识可靠到什么程度，"客观"到什么程度，我们所可能掌握的标准（如果有这种标准的话）也就至多可靠到什么程度，"客观"到什么程度。在这个问题上，恩格斯的如下一段话是很有启发性的。恩格斯曾经指出："我们只能在我们时代的条件下进行认识，而且这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。"另一方面，在任何时代，科学背景知识所提供的主要东西是已经"知道"了什么，而科学"问题"却是关于"未知"的知识，它所要引向的是关于"未知"的研究。因而任何时代的科学背景知识对于那一时代的"未知"恰恰是没有知识。所以，要根据科学背景知识来判定科学问题的价值，当然更难把握它会有多少可靠性和客观性。因此，对于科学问题的价值的判定，不可避免地就会带来下列的困难和问题。

---

① 劳丹：《进步及其问题》，华夏出版社1990年版，第32页。

② 劳丹：《解决问题的科学进步观》，载《自然科学哲学问题丛刊》1984年第1期。

第一，由于当时的科学背景知识对于那些“问题”覆盖下的东西恰恰还没有知识，因此不能不带有巨大的盲目性。而当“问题”覆盖下的东西逐渐被揭露出来，因而人们关于它已经由未知转化为已知的时候，这时虽然可以较可靠地估计它的价值了，但是，这时也已经无所谓“预先判断”，而是“事后明白”了。

第二，与第一点相联系，人们关于一个科学问题是否有价值的判断，是和各该时代的科学背景知识以及科学家个人的学术观点密切相关的。从这一方面说，这种判断始终带有主观性。首先，这种判断常常是依科学背景知识为转移的。例如，在中世纪的时候，在炼金术的背景知识之下，探索如何把铁变成黄金，把贱金属变成贵金属的方法，这个问题被认为是很有价值的。但在波义耳的元素论化学，特别是在道尔顿的原子论化学的背景知识之下，要想变贱金属为贵金属这个问题就会被认为是痴心妄想，毫无价值了。而在今天的核物理或核化学的背景知识和技术条件之下，这个问题就又变成为是有价值的，并且实际上是已经可以实现的了。又如，在燃素说的背景知识之下，提出了想要确定各种物质中所包含的燃素的重量问题，这些问题被看成是很有价值并且是科学的合乎逻辑的。然而在拉瓦锡建立了氧化说以后，这些问题的研究就被看成是徒劳无益，毫无价值的了。因为从氧化说的观点来看，这些问题的提法本身就是错误的。同样地，测量“以太风”的速度，即测量地球相对于以太的运动速度这类课题，在麦克斯韦的经典电磁理论看来是有价值的，但在爱因斯坦改造了经典电磁理论，建立了狭义相对论以后，这个问题就被认为是没有价值的了。与此相类似，在十七至十八世纪，研制永动机的努力被科学界认为是有重大价值的，然而在确立了能量守恒定律和热力学第二定律以后，特别是在麦克斯韦妖的设想也被否定以后，谁要想再作这种努力，就会被认为是没有价值的了。其次，与此相联系，对问题的价值评价，显然还与科学中不同学派的不同学术观点甚至不同科学家的不同思维方式有关。对于同一个科学问题，不同的学派，不同的科学家对于它们的价值的判断，常常很不相同，甚至相距千里，南辕北辙。爱因斯坦提出建立统一场论的问题，爱因斯坦自己认为有重大价值，曾为之奋斗终生；而当时的另一些著名科学家，如玻尔，则认为，在发现了许多新的基本粒子的条件下，“单单把电磁场和引力场统一起来，又有什么意义呢”。即使在近几年间，关于人体特异功能，尽管有许多科学家鉴于此类“研究”中存在着大量的

作弊行为，认为关于人体特异功能的研究乃是伪科学问题，毫无价值。但是仍然有一些科学家认为，并不能因为大量的气功师在这类“实验”中有作弊行为，就否定可能在部分人群中（例如在部分儿童中）有“特异功能”这种现象存在；许多实验中并未暴露有作弊行为，只是它们在迄今为止的实验中不能做到可重复的检验。但实验不能重复，并不能由此否定存在这种“特异功能”现象的可能性。因为很可能是由于我们迄今为止的知识还远远不足，未能知道并有效控制影响实验结果的各种“隐因子”。我们只有通过继续进行研究，设法实施设计周到的实验，逐步弄清影响实验结果的各种“隐因子”，才有可能做出可重复检验的实验。而一旦能做出可重复的实验，它就能表明此项研究会有着非常重大的价值。之所以会出现这样的情况，是因为不同学派的不同科学家他们所掌握的科学背景知识以及他们对背景知识的理解以至于他们的思维方式等等都是不同的。

从上述分析，就可看到，希尔伯特的标准（即强调对问题的价值“最终的判断取决于科学从该问题得到的获益”。如果我们可以把它看作是“标准”的话）虽然有点令人丧气，但它在原则上却又是正确的。然而，尽管希尔伯特“标准”原则上是正确的，但它却又存在着先天的弱点，即它对问题的价值只能作事后的评价，因而常常是无用的或用处不大的。我们知道，在实际的科学研究活动中，科学家们所需要的往往是对问题的价值作“验前的”或事前的评价，即当问题提出来以后，科学还没有实际从该问题得到获益以前，就事先来评价该问题的价值。科学研究机关或科学家在选题的时候，以及科学管理机关、科学基金会在判定对某些课题是否进行支持的时候，都常常不得不对“问题”的价值做事先的评价。这种评价也并非完全不可能。事实上，当希尔伯特于 1900 年在第二届国际数学家大会上，从当时的数学背景中专门抽引出 23 个问题来向大会做报告时，他也是事先就掂量了这 23 个问题都是最有价值的，或至少都是有特别重大价值的。他事先预见到，对这些问题的研究，数学定能从中得到巨大获益，而不必待到实际获益后再来掂量。

希尔伯特强调对问题的价值评价，“最终的判断取决于科学从该问题得到的获益”，这个“标准”十分相似于马克思主义哲学中所强调的“实践标准”，两者都是后验标准。两者的区别只在于：①希尔伯特在这里所说的并不是检验认识的真理性的标准，而是说的判断所提出的一个科学问

题的“价值”的标准；②与此相联系，他并不是拿实践中是否“成功”或事后证明一个问题的提法是否“正确”来评价这个问题是否有价值，而是强调“科学从该问题得到的获益”来判断这个问题的价值。从一定意义上说，希尔伯特的这个提法是恰到好处的。

我们能否以一个课题在研究中的成败来判断这个问题的价值呢？不能！法拉第在发现了电磁感应定律以后，曾经提出利用地磁场的流变来发电的问题，他为此投入了大量的精力，做了许多实验，但全都失败了。今天如果继续做他的那些实验肯定还要失败。但是他所提出的问题却是非常有价值的，因为他所提出的实际上是磁流体发电的问题。进入 20 世纪以后，科学家们在法拉第所提出的问题的启发下，已经得到了巨大的获益，磁流体发电成了一种崭新的能量转换方式，并已经进入了试探性的开发阶段。由于法拉第所提出的这个问题的重要性，人们今天把磁流体发电机称作法拉第电机。同样，虽然爱因斯坦为建立统一场论所做的努力失败了，但他所提出的问题正愈来愈显示出它的巨大的价值，当代的许多理论物理学家正沿着这个方向做出进一步的努力，并已取得了巨大的、革命性的进展。看来，科学中一个问题是否有价值，是不能以成败论英雄的。

那么能否以事后的实践证明一个问题的提法之是否正确来判断这个问题之是否有价值或有重大价值呢？也是不行的。一个问题的提法之是否正确，当然十分重要。因为正确地提出的问题常常能引导人们在研究中获得成功，而一个错误的问题常常使人遭受失败。但是，我们不能因此断言，经过事后的检验被判定为错误的问题，在科学上必然是没有价值的。因为历史上提出过的许多错误的问题实际上曾经为科学带来过巨大的获益。例如，在 17—18 世纪的时候，许多有志之士设计和研制永动机的努力，从历史上看，显然是有价值的，因为科学中关于能量守恒定律的最初思想以及热力学第二定律的最初发现，几乎就是从两类永动机的失败中总结出来的。人们正是从这些错误问题所导致的失败中，长出了许多重要的知识，使科学从中得到了十分可贵的获益。又如，在克劳修斯发现了热力学第二定律以后，由于同时引出了“宇宙热寂”的结论，造成了新的难题。为了解决这一难题，麦克斯韦又设想了一种“麦克斯韦妖”，从而又提出了自然界中存在违反热力学第二定律的过程的可能性问题。这实际上也是从一个新的角度上又提出了研制第二类永动机的可能性问题。从今天的眼光来看，麦克斯韦关于“妖”的设想以及由此提出的问题，显然是错误的。

因此这种设想和问题今天被否定了。但是，历史证明，麦克斯韦所提出的问题绝不是没有价值的，它极大地加深了人们对热力学和统计物理学的探讨，一直到20世纪中期以后，它还极大地促进了非平衡态统计物理学的研究，甚至还直接影响到量子物理学、化学热力学、控制论、人工智能、天体物理学等许多重大的学科领域。科学史表明，许多曾经被提出来的、在今天看来已经是错误的问题，在历史上却曾经起过重大的作用。因此，我们决不可笼统地说，凡是错误的问题就是没有价值的问题。我们至多能够说：继续重复地提出已经被科学实践证明是错误的问题，是没有价值的，因为它只能导致失败，而一般不会再给科学带来有利的增益；除非能够像当年的麦克斯韦妖那样，通过对科学知识的深入分析，从新的角度提出进一步的问题。

再则，我们能否一般地以“问题”所展示的实际应用的诱惑力作为判断问题的价值的标准呢？当然，获得实际应用（生产的、国防的、交通运输的、教育文化的、医学的等技术方面的实际应用）应当是科学之重要的，甚至最终的目的。作为科学从中获益一种重要形式，科学的实际应用价值无疑应当是判定一个科学课题之价值的最重要的根据之一。但是，一方面，实际应用并不是科学研究的唯一的直接目的。应用研究固然应当以获得实际应用为其直接目的，但基础研究却常常纯粹以探索自然规律为其直接目的，虽然在基础研究中也要考虑到它的实际应用，但许多当下完全看不到其实际应用的课题却常常是十分有价值的。另一方面，所谓“问题”所展示的实际应用的诱惑力与“问题”实际上可能带来的应用上的利益，常常是两回事。所以，评判问题的价值时，决不能被这种表面的“诱惑力”迷住了眼睛。从历史上来看，没有一项研究比研制永动机的设想更具有实际应用的诱惑力了；相反，麦克斯韦在创立他的电磁场理论时，包括麦克斯韦自己在内，当时没有一个科学家能够设想或者预料到它会有多少应用价值。但是后来看到，前者是一个不可能结出果实的错误的问题，而后者却引起了物理学上的第二次革命和技术上的真正广泛的应用。同样地，卢瑟福对他自己所开创的原子核物理学的研究，也从未看到过它的任何实际应用的可能性，认为谈论原子能的利用，“不过是纸上谈兵而已”，“我们可能永远做不到这一点”。因为在当时的条件下，从理论到技术都没有展现出实际应用的可能性。但是后来却表明，原子能的利用与电子计算机一起，构成了工业技术中的真正的第三次革命。所以我们不

能简单地以实际应用的诱惑力为依据，对这种实际应用的诱惑力仍应根据科学的背景知识对它做出分析，更不能被某些人借实际应用的诱惑力的行骗行为（就像某些人鼓吹水变油的“研究课题”及其“成果”那样）所迷惑。从某种意义上，判定一个课题是否真正能导致重大的实际应用，最终的判据仍然是科学和社会从该问题得到的获益。

然而，虽然希尔伯特对科学问题的价值评价的所提出的“标准”原则上正确，但它的价值却十分有限。因为实际上，科学中所需要的往往是对科学问题的价值做事先的评价而不是只作“事后诸葛亮”。科研机构和科学家在选题的时候，以及科学管理机关和科学基金会在决定对某些课题是否立项，是否给予资金资助的时候，也是要求对科学问题的价值做事先的评价，而且事实上这种事先评价也并不是完全不可能的。

那么，如何对科学问题的价值做出事先的评价呢?

为了回答这个问题，我们不妨首先理解一下这里所说的“价值”是什么意思？一般说来，所谓“价值”，总是相对于“目标”而言的。我们实际上可以抽象地定义价值就是对实现目标的贡献。因此，这里所说到的“对科学问题的价值做事先的评价”，实际上就是要求事先来估计某个科学问题对实现科学总目标所可能做出的贡献。为此，我们就需要预先来考察一下科学问题的价值究竟来自何方?

那么，科学问题的价值究竟来自何方呢?

第一，“问题”提供了具体的科学研究的“目标”。科学研究是一项目标明确的高度定向的行为。在科学研究和科学发展的过程中，有了研究的目标，才能真正地前进。没有目标，就不可能有认知的动力和方向。在这个问题上，正如杜威所言，问题是人的认知过程得以启动的动力源泉；人类的整个认识过程就表现为从问题到问题的一系列问题求解的过程。科学研究和科学发展的过程更是如此。我们曾经指出并论证过，科学的发展有其客观的总目标。科学的总目标是如下三项的合取：①科学理论与经验事实的匹配，包括理论在解释和预言两个方面与经验事实的匹配，而这种匹配又包括了质和量两个方面的要求；②科学理论的统一性和逻辑简单性的要求；③科学在总体上的实用性。我们还曾经进一步指出，科学的这三项总目标可以说是科学在其发展过程中的永无止境的目标，所谓科学的进步，就是向着这些总目标的前进或接近；所谓科学的方法，就是实现这些目标的手段。我们又曾指出，在各个不同的时代，各个从事具体研究的科

学家虽然不一定都清楚地理解科学的这些总目标，但却往往以这些总目标的要求作为潜在的预设，从分析各时代的具体的科学背景知识中提出问题。在他们所提出的问题中设定了他们所要求达到的具体目标。而这些目标的实现，就成了科学在向着其总目标前进的道路上留下的无数脚印和大大小小的里程碑。由此可见，科学问题有利于引领并且推动我们向着实现科学的总目标前进，从而推动科学的进步。这是科学问题之价值的第一个源头也是最基本的源头。读者一定记得，我们在本书第一章第二节讲到“科学史的启示”时，曾经从科学的历史分析中，揭示出科学的历史事实告诉我们：科学研究从问题开始；问题推动研究，指导研究；科学的历史就是问题的历史，是问题不断展开和深入的历史。这也正是从历史事实的角度上，揭示了科学问题的价值之所在。

第二，在一定的科学技术背景之下，任何问题都不是孤立存在的。它们相互连接成一个具有一定结构的问题的网络。这个问题的网络有利于使我们看清楚：由于某一个问题的解决，就会有利于其他问题的解决；其中有的问题的解决，甚至可能像“雪崩”似的引起一大片相关问题的解决。这种由于问题的关联所引发的叠加效应，是问题之价值的又一个源头或附加的源头。

第三，问题被提出以后，就会导致研究并最终获得解决。问题的解决就能为科学和社会带来更多的实际的获益。这种获益的方式是多种多样的。由于问题的解决，科学和社会从中得到多种多样的实际的获益，这是评价科学问题之价值的最终依据，也是科学问题之价值的后续效应。但是，问题在于，根据对一定时期的科学技术背景知识的分析，我们是有可能在一定程度上预期科学问题的后续效应，即预期该科学问题的最终解决及其后果。这也为我们事先评价科学问题的价值提供某种可能性。

基于以上的分析，对于科学问题的价值做事先评价，我们大致上可以初步提出如下基本准则：

（1）我们在本书第三章第五节中，曾经提出了产生科学问题的八条主要通道。由于这八条通道都是关涉到科学的总目标的。所以，按这八条通道的方法所提出的问题，终将是有价值或有重大价值的。

（2）把握问题的网络十分有利于判定所选中的问题的价值和选题的合理性。我们曾经指出：根据我们对科学总目标的理解，“问题”可以说是已经客观地存在于一定的科学技术背景知识之中的，在这种背景之下，

"问题"之间相互关联而组成一定的网络结构，通过分析而把握这个网络结构，将十分有利于我们高瞻远瞩地选择课题，分析在这个网络结构中，哪些问题在目前的科学技术背景知识的条件下，是易于解决并能较快地取得效益的；哪些问题是其他问题的交汇点，对于它们的解决将使其他许多问题连锁似地获得解决或使它们因此而易于获得解决。一般说来，愈是处于许多相关问题交汇点上的问题，愈是有助于解决其他问题的问题，就是价值愈大的问题。

（3）正如我们在本书第四章中所已经指出，问题的提法正确而且其应答域预设被限定得比较具体的问题是愈有价值的问题。并且，在问题的提法是正确的条件下，应答域预设限定得愈具体，它的价值就愈大。因为它的指导性就愈强。

（4）对问题的目标状态 S_t 和当前状态 S_p 表述得于清晰，对问题的求解理想 I（P）与科学技术当前背景能力 Bs（t）的差距分析得愈清楚的问题是愈有价值的问题，而那些表述得含糊不清的问题其价值就低或甚至没有价值。

（5）伪问题是没有价值的，因而是不值得研究的。

在实际的科学研究中，由于选题的复杂性和事先评价一个问题的价值并无可靠的标准，因此，有的科学家曾经强调，是否能选中一个正确的、重要的题目和对问题的价值做出正确的评价，主要有赖于科学家和科学管理的领导人的高度的科学鉴赏力。所谓高度的科学鉴赏力，就是在了解和分析一定的科学背景知识的基础上，又能运用想象力而遐思远望，从而不把自己的思想局限在已有的知识和眼前的问题，而能比别人更具远见卓识，更善于发现具有发展前途的研究方向，能预期研究工作可能产生的结果。依靠科学鉴赏力来判明问题的价值和选择课题，常常并不能说出充分的缘由，但却仍然反映出一个科学家的深邃的洞察力。由于各个科学家对背景知识的理解以及各人的想象力不同，所以这个"科学鉴赏力"常常带有明显的个人特点。我们以上所初步提出的五条基本准则，也许可以作为某种参照，希望它能有利于提高科学家和科学管理的领导人的想象力和遐思远望，从而更好地获得判定科学问题之价值的深邃的洞察力。

第七章　问题与科学发现：事实的发现与理论的发明

库恩曾经指出，在任何一个科学规范（papadigm）中都会包含有某些范例（exemplars）。范例就是运用规范以解决某些具体问题的范本。它在科学规范的定向作用中提供了作类比用的样板，通过类比而举一反三、触类旁通地发挥出解决其他类似问题的潜力。本章的内容将尝试性地提供出用问题学理论来解决科学哲学问题的某种范例。

第一节　库恩：科学中事实的发现与理论发明的关系

库恩在其名著《科学革命的结构》一书中，在讨论常规科学如何由于出现"反常"而导致"危机"的过程中，令人印象深刻地讨论了科学的发现与理论的发明的关系问题。他所说的"科学的发现"，是指的科学中"事实的发现"。库恩在《科学革命的结构》一书中，十分重视这一问题的讨论的价值，认为这一问题的讨论，对理解和把握《科学革命的结构》一书的主要论点将提供重要的线索。事实上，这一问题的讨论，不但对理解《科学革命的结构》一书是重要的契机，而且对往后的科学哲学的发展也发生了重大的影响。

库恩认为，科学中（事实的）发现过程"具有一种按一定规则周期出现的结构"[①]：

（1）发现开始于感到反常。

（2）进一步探索反常的区域并扩大反常研究的范围。

（3）调整规范（和理论）直到消化那些反常为止，即"直到把规范

① 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社1980年版，第43页。

理论调整到反常的东西成了预期的东西为止”①。

通过对这些过程的分析，库恩特别强调了他的如下观点：科学中“事实的发现”和“理论的发明”是密不可分的，两者的区别是“人为的”；“事实的发现”要以“理论的发明”为前提或必要条件。这是因为：

（1）“感到反常”，这已经是与规范相联系的一种结果，因为所谓“反常”，只不过是感到某些自然现象不知怎么而违反了规范的预期。

（2）进一步探索反常区域，并扩大探索反常的范围。这一过程就明显地受到规范的指导和制约。因为，一方面，规范做出预期以指导实验，探测反常；另一方面，规范、理论制约着可能提出的问题，引导并确定实验的目的，实验的设计思想、技术路线和技术方案的选择，直至仪器种类的选择、配置和使用，乃至于仪器的操作规程等等。所有这些，都无不受到规范的引导和制约。规范使得科学中的探索活动成了高度有目的的行为，它既指引了方向，也约束了探索的范围。原则上，规范制约着在科学活动中作什么样的尝试，不作什么样的尝试，并为它们确立合理性的标准。因此，规范在引导做出发现的同时，也势必会限制甚至反抗着做出另一些发现。这方面，正如库恩所指出：在任何既定时刻，规范都不可避免地要限制科学探索所容许的范围。

（3）所谓做出发现，就是要调整规范以消化反常，也就是使看来是反常的新事实重新纳入理论的涵盖之下，或曰，通过调整规范，使原有的反常的东西重新成为规范所能解释或预期的东西。从这个意义上，事实的发现与理论的发明就更无明确的界线了。

在《科学革命的结构》一书中，库恩曾借用三个重要的历史案例来帮助分析和说明他的观点，这些案例是：

（1）氧的发现。它最初是起因于旧规范中的某种发展所引起的反常。其关键是：①气体化学的发展；②化学家们开始接受牛顿规范，从而使化学变化前后的重量必须保持不变，成了化学家们思考问题的准则，于是就提出了严重的反常和问题。最后通过“氧化燃烧说”理论的发明，才真正发现了“氧”。他通过“氧”的发现这一历史案例的分析而表明，它是如何同抛弃燃素说的旧规范和建立氧化说的新规范紧密结合在一起的，从而来支持他的论点：科学中“新事实的发现”与“新理论的发明”确实

① 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社1980年版，第43页。

是紧密纠缠在一起的。

（2）X 射线的发现。它始发于感到实验中的某些现象对于阴极射线理论的反常。但当初它大体上仍然是属于常规科学所允许的标准课题，但最终却扩大了常规科学的版图，甚至不得不改变了原有的规范，进一步打开了一个奇妙的新世界，有力地导致了 20 世纪初物理学的危机。

（3）莱顿瓶的发现。当发现莱顿瓶的时候，当时电学中还没有任何一种普遍接受的规范。但电流体学说却预期了它的可能性，为了消化它以及其他有关的实验，终于导致了电学历史上出现的第一个规范（富兰克林的电理论）。

此外，库恩还借助布伦纳和泡斯特曼所设计的著名的一副反常的扑克牌的心理学实验，来支持他关于科学发现与理论发明的关系的重要见解。

库恩在分析了科学史上的那三个典型案例后，试图概括出科学上新发现的共有特征。他说："上述三个事例所共有的特征，也是新类型现象所由以涌现的一切新发现的特征。这些特征有：事先觉察到反常，逐步而又同时涌现的观测上和概念上的认识，以及经常受到抵抗的规范范畴和规范程序的必然变化。"①

正是由于科学中事实的发现与理论的发明是紧密纠缠在一起的，所以库恩强调：发现必然是一个过程。因此不可能清楚地指出科学中的某项发现究竟是谁做出的，也不可能清楚地指出某项科学发现究竟是在哪一个确切的时间里做出的。他认为，以往的科学史家专注于考证这些问题，集中注意于这些问题的研究这是根本上提错了问题，或者说，所研究的这些问题本身就错了。

库恩关于科学中事实的发现与理论的发明的见解是重要而富有启发性的：

（1）它尖锐地提出了观察与理论的关系、事实的发现与理论的发明的关系问题，在这些问题上冲击了旧观念。

（2）从新的视角上引出了传统科学哲学中所谓"发现的前后关系与辩护的前后关系"的区别问题，严重地冲击了以往认为可以明确地区分这两种前后关系的传统观念。

在库恩看来，既然一项发现就是被理论所消化，被规范所吸收，所

---

① 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社 1980 年版，第 52 页。

以，事实的发现与理论的发明是紧密地相互关联的；实际上，新事实的发现要以新理论的发明为前提。既如此，发现的过程显然也必须包括检验和辩护（justification）的过程在内。库恩否定对发现的过程与辩护的过程作清楚区分的可能性。

但是，库恩关于科学中事实的发现与理论的发明的见解虽然是重要而富有启发性的，然而同时又是有很大局限性的。总的说来，他的全部论证缺乏分析的力量，包括他的详细的案例分析在内，原则上都仅仅是从科学历史学和科学社会学的角度上研究问题；而仅仅以历史案例作为支持，又很难说明他的结论的普遍性和合理性。

第二节　问题学为事实的发现与理论的发明的关系提供深层次的全面的理论说明

我们以为，我们可以从本书所讨论的“问题学”理论的角度上，对库恩的有关见解提供出某种进一步的说明、补充、修正和辩护。作这样的处理，也许可以把库恩的那些见解论述得更为简洁明了而且更为合理，还可以由此做出新的结论。

我们在本书前面曾经阐明，科学中的所有问题从形式上说都可以归结为两种基本类型。

一般疑问句的普遍形式可以归结为“是否 S?”。它可以简要地记作“E (S)?”。其中，S 为一陈述句。推而广之，也可以问“是否 T?”。可记作“E (T)?”，其中 T 表示理论，为一演绎陈述的等级系统。对于一般疑问句所表述的问题之求解，就是要对陈述句 S 做出“是”或“否”的回答，即对 S 的真值做出判定。通常我们所见到的反意问句或选择问句，都只不过是一般疑问句的特殊形式。反意问句：“是 S，不是吗?”其实不过是“是否 S?”的强调形式。至于在某些上下文中，人们借助于反意问句强调对陈述句 S 的肯定，则这种反意问句虽然具有问句的形式，却并不表述问题。至于选择问句：“是 S_1，还是 S_2?”，也可看作是“是否 S?”的并列句（析取），只不过在这里还包含有某种明确限定的“应答域”预设罢了。

特殊疑问句具有多种多样的形式。在自然科学中通常主要涉及如下三种特殊疑问句：

（1）“……是什么?”（What 型）。

（2）“……为什么?”（Why 型）。

（3）“……是怎样的?”（How 型）。

当然，还可能涉及其他问句类型，如问“何处?（Where）”、“何时?（When）”等等。

各类特殊疑问句的求解的特点在于：

“……是什么?”——这类问题要求对研究对象进行识别或判定，其答案是关于事实的陈述。其求解的特点在于：设有某一研究对象或对象类 X（X 可以看作是一个集合），求解“X 是什么”的问题，实际上是要求找到另一个集合 Y，使满足 $X \subseteq Y$。对于“……是什么?”类问题，我们可以简要地记作“（X）$\overline{?}$”。这里的 X 是变项，代表问题所指向的研究对象，即问题的指向，在语法上它是句子的主语。符号“$\overline{?}$”代表这类问句中特定的疑项，即疑问词“什么”（What）与问号“?”的联合，它与系动词“是”的符号（）一起共同构成了句中的谓语。在这种形式中，如果我们把一个特定的研究对象（或对象类），如“电子”、“遗传基因”代入这种问句形式“（X）$\overline{?}$”中的变项 X，那么它就变成了一个具体地要求回答的问题。但是，如果 X 尚未被特定的研究对象代入，即 X 尚无确定的含义，则“（X）$\overline{?}$”只是一种问句的形式，并不构成真正的问题。

“……为什么?”——这类问题是要求回答现象（或现象类）的原因。求解这类问题的特点是：或者通过发现现象背后的起作用的规律，或者通过发现或判明对于产生现象起作用的未知的条件，或者通过对现有科学背景知识中的已知规律和资料的相关性的理解，使答案满足某种演绎性的结构。一般说来，只有前两种解答才具有科学中的创新性意义，而最后一种则只是解答了某种“知识性疑难”，就像学生在解答习题时所从事的工作那样。

“……是怎样的?”——这类问题是要求描述所研究的对象和对象系统的状态及其过程，是一种描述性的问题。其答案应是一个事实陈述的有序集。但这类描述性答案不包含演绎推理，描述并不回答“为什么”的问题。

正如我们所曾经指出：所有不同类型的特殊疑问句所表述的问题都可以等价地还原或归约为“What 型”的问题，即还原或归约为“……是什么”的问题。“为什么”类型的问题，实际上可以还原为“对象的原因是

什么”的问题。“……是怎样的”问题，同样可以通过变换和分解而还原为“What 型”的问题，因为凡是“……是怎样的”这种类型的问题，它所要回答的是对象或对象系统的状态及其变化，而这种状态及其变化总是可以分解为它的组成、性质和关系是什么这样的问题的，并且实际上也只能通过对它的组成、性质和关系（包括其中所遵循的规律）是什么的回答，才能通过一个关于事实陈述的有序集对系统的状态及其变化做出描述，从而回答或求解“系统的状态是怎样的”这类问题。其他特殊疑问句（如 Where、When 型问句）所表述的问题也都可以同样等价地还原为 What 型问题。正如我们在讨论“问题的结构”时所更一般地指出的：“同一个科学问题尽管可能有种种不同的表述方式，甚至从表面上看来它们的问题的类型也各不相同，然而，在这些问题的不同提法中，如果它们所包含的‘问题的指向’、‘应答域’以及解题规则相同，那么，这些问题的种种不同的表述方式，实际上将是相互等价的。”

所以，科学中的所有问题从形式上可以归结为两种基本的类型：“E (S)?”型和“(X) $\overline{?}$”型（就它们的最简化的形式而言，这里暂时忽略了应答域和解题规则这两个要素），所有用特殊疑问句所表述的问题都可以等价地还原为“(X) $\overline{?}$”型的问题。其中，就直接的关系而言，发现的前后关系所面对的问题类型是“(X) $\overline{?}$”，而检验或辩护过程所面对的问题类型则是“E (S)?”（或“E (T)?”）。

下面我们就试图从问题学（Problemology）理论的角度上来讨论科学中事实的发现与理论的发明的关系以及相关的其他问题。

在任何具体的发现过程中，通常总是事先遇到了某种奇特的（未理解的）现象 A，然后我们追问：A 是什么？A 是由什么原因引起的？A 的结构或状态（及其变化）是怎样的？等等。它们可以分别表示为“(A) $\overline{?}$”、“(Ac) $\overline{?}$”和“(a_1, a_2, a_3, …, a_n) $\overline{?}$”等等。其中 Ac 表示 A 的原因，a_1, a_2, a_3, …, a_n 分别表示 A 的结构要素、性质、关系等等。关于“(Ac) $\overline{?}$”和 (a_1, a_2, a_3, …, a_n) $\overline{?}$”的回答本身与理论的发明密切纠缠，并且要以理论的发明为前提，比较明显，可暂时按下不谈。我们可着重于讨论“(A) $\overline{?}$”这个看来较简单的识别和判定性问题，因为这个问题解决了，其他问题只要再作适当的补充说明，就易于理解了。

当我们在实验观察中观察到 A，但观察到 A 并不等于做出了发现，而是必须要回答“(A) $\overline{?}$”后才能算是有了发现。正如已经指出的，求解

“(A) $\overline{?}$”就是要求给出一个集合 B，使满足 A⊆B。而 B 既然是一个集合，因而就要求研究者能够描述这个集合 B，例如断言 B 是这样的一个类：B = {P / b}，即 B 的每一个元素 b 都具有某种（某些）性质 P。然而，要能做出 B = {P / b}，就是理论的发明。并且，这种理论的发明必须获得一定的检验或辩护才能成立（才能获得科学共同体的接受或认可）。显然，这就已经表明，科学中的事实的发现与理论的发明乃是密切不可分的；事实的发现是要以理论的发明为前提的，并且发现的前后关系是包含辩护的过程在内的。

例如，18 世纪英国科学家普列斯特里从加热氧化汞而得到了一种气体 A，但这并不等于他已做出了发现。他还必须判定（或回答）他所得到的 A 是什么，即回答“(A) $\overline{?}$”并使之满足形式 A⊆B = {P / b}。但普列斯特里却做出结论说，他的瓶子里收集到的 A 是一种“脱燃素空气”。即他的答案是 A⊂B，而 B 是脱燃素空气。对于普列斯特里的这种答案，我们能说他已经发现了“氧”吗？即使他当时所制取出来并装入他的瓶子里的那个 A，现在看来是一种氧，即 $A\subset O_2$，但也不能由此认为普列斯特里已经发现了氧。更何况他当时制取出来并装入瓶子中的并不是纯氧，既如此，那就会如库恩所说：“如果一个人手里拿着不纯的氧就算发现了氧，那么，任何一个曾经用瓶子装过空气的人都发现过氧。”①

这里有一个关键问题：科学家究竟发现了什么？是被他“观察”到而未加识别或判定的那个 A，还是用来说明那个 A 的类 B？正如已经指出，科学家观察到 A 并不构成发现，恰如克鲁克斯和古德斯比德虽然都遭遇到过（或“观察到”过）放在他们实验室里的照相底板莫名其妙地被感光，而并没有发现 X 射线那样，前者把这一现象归结为厂商斯提供的照相底板质量不好而退还给了厂商，后者甚至把他所拍下的 X 光照片归结为阴极射线照片而弃置一旁。他们曾经发现了 X 射线吗？没有！事实上，当科学家观察到 A 后，必须回答“(A) $\overline{?}$”或“(Ac) $\overline{?}$”并做出满足 A⊆B = {P / b} [或 (A) Rc (B)，其中 Rc 表示因果关系。(A) Rc (B) 表示 B 是 A 的原因] 这种形式的某种答案，而这种答案还必须是新颖的（以往科学中所未知的），而且还要能获得某种合理性的辩护而最终能被科学共同体所接受或认可，这时，科学共同体才承认某位科学家

① 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社 1980 年版，第 45 页。

做出了发现。这是一个复杂的过程，其中不但包含建构出（或发现出）一个类 B，而且为了合理地构建出这个类 B，常常还需要寻找或选择一组样本 A，[1] 以便用 B 来说明这一组 A 满足 A⊆B［或（A）Rc（B）］，最后还要能对 A⊆B［或（A）Rc（B）］进行辩护和检验。更深入地说来，在这一过程中，还必须追索一系列属于“What 型”、“Why 型”和“How 型”的一系列子问题，并对它们做出合理的回答。所以，科学家观察到某个反常现象 A 至多可看作是发现的前提，只有通过 A 而提出疑问才算进入了研究过程；而所谓“科学发现”，它所指的绝不是那个未加判定或识别的 A，而是用来说明 A 或 Ac 的那个类 B。在科学的历史上，氧的发现、X 射线的发现、青霉素的发现，作为“发现”的，都是具有一定普遍意义的某个类，而不是科学家所观察到或制备出来的那个原始现象（或对象）A。

正因为从观察到 A 进而做出 A⊆B = ｛P / b｝或其他形式的解答是一个包括理论的发明在内的复杂的过程，因而在科学的历史上，任何重大的科学发现常常不可能是由单独的一个人在某个确定时间完成的。例如“氧”的发现，显然，从舍勒到普列斯特里到拉瓦锡，他们中的每一个人都在这一发现过程中做出了重大的贡献。但是，要确定究竟是谁并且在什么时间发现了“氧”，这确实是不可能的。因为甚至到了拉瓦锡，这一过程也没有完结。拉瓦锡于 1775 年通过实验而制取到了某种气体 A（实为“氧”），但他当时却回答说：他所制取得到的这气体是“空气本身，只是更纯，更宜于呼吸”。只有当后来他大体上建立了氧化燃烧学说，在这个理论中，他比较清晰地指出了他自己以及前人（普列斯特里等）所制取到的一组气体样本 A 是“氧”，并且指明了“氧”的基本性质，这时，才可以大体上说已发现了“氧”。但是，严格地说来，要说“氧”作为一种化学元素而被发现，却实际上直到拉瓦锡也还远未完成。因为直到 1794 年拉瓦锡被雅各宾党人送上断头台之前，他还只是认为氧是一种原子“酸素”，而氧气则是这种酸素与热质的“化合物”。既如此，我们能说作为一种化学元素的氧的发现已经完成了吗？

诚如前面所说，就直接的关系来说，发现的前后关系所面对的问题类型是“(X) $\bar{?}$”，而检验或辩护的过程所面对的问题类型是“E（S)?”

① 这就相当于库恩所说的“进一步探索反常区域并扩大反常的范围”。

[或“E（T）?”]。但是，恰如前面所指出，科学中要完成一种“事实的发现”，实际上不但要发明某种一般性原理或理论（T），而且这种原理或理论T还要能纳入原有的规范或成为新的规范，而为了要做到这一点，在此之前当然要能使这种原理或理论T能通过一定程序的检验，即回答“E（T）?”并获得背景理论、经验证据以及方法论方面的一定的辩护和支持。所以，库恩强调事实的发现与理论的发明总是紧密相关联，发现的过程与辩护的过程不可能明确地区分开来。这种见解实在是十分有道理的。

但是，在我们看来，库恩的有关这方面的见解还是不够彻底的。因为库恩曾说：“除了在单一的常规科学实践中，科学事实和科学理论不能截然分开。正因为这样，意外的发现就不单纯是输入了一些事实，由于这些崭新的事实和理论，科学家的世界既有了量的丰富，也有了质的变化”①。仔细地分析库恩的这段话，那就意味着：库恩认为，在单一的常规科学中，科学事实和科学理论并不是不能截然分开的，至少，在常规科学时期里，事实的发现是不一定要与理论的发明紧密相纠缠的；在常规科学时期里，事实的发现可以与理论的发明无关。这与库恩的下述思想也是一致的，他说：“常规科学的目的不在于事实或理论的新颖，就是成功时也毫无新颖之处。”② 他一再讲到，新理论的发明总是只能出现在危机之后，强调“危机是新理论涌现的一种适当的前奏”③；“首先是由于危机，才有新的创造”④；“新理论都只能在常规解题活动已宣布失败以后才涌现”⑤；他在书中所列举的那些必须以“新理论的发明”为前提的所谓“新事实的发现”的实例，实际上也都只是那些最终导致了某种规范危机或变革（或创立）的实例。他强调：这类新事实的发现，开始于感到反常，而所谓“感到反常”，也就是“发觉自然界不知怎么违反了由规范引起并支配着常规科学的预期”⑥。所以，库恩所说的以及他所列举的那些“新事实”，预先已被赋予了某种革命性。但是，能够认为在常规科学时期里，

---

① 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社1980年版，第6页。
② 同上书，第43页。
③ 同上书，第71页。
④ 同上书，第63页。
⑤ 同上书，第61页。
⑥ 同上书，第43页。

“事实的发现”可以与“理论的发明”无关吗？

事实上，不可以这样认为。在科学发展的任何时期里（常规科学时期里也一样），事实的发现总是要和理论的发明密切相关；新事实的发现总是要以某种新理论的发明为前提。试问：假定有人观察到某个现象 A，并可轻易地断定 $A \subset B = \{P/b\}$，而 $B = \{P/b\}$ 是现有规范早已公认的理论知识或定律，那么，即使他观察到 A，并且合理地回答了 $A \subset B = \{P/b\}$，例如，假定在当今时代的某一天，某甲做了一个实验：他仔细地观察并测量了一个铅球从大约 78.5 米的高空掉落到地面，期间所经历的时间大约是 4 秒钟，他断言说：“这是一个自由落体现象”，并且用伽利略落体定律合理地并且定量地解释了它的下落时间为什么正好经历了 4 秒钟，而且假定历史上从来没有人做过刚好从 78.5 米的高空掉落铅球的实验，因而从这个角度上它是“新”的。试问：科学界能承认某甲在实验中做出了新发现吗？不能！因为他并未发现科学中任何新类型的事实，他至多是做了一个十分普通的自由落体实验并且用伽利略定律来解释了它，而没有任何新颖性。只有在某种非常特殊的领域中，当人们观察到 A，并断言 $A \subset B = \{P/b\}$，而 $B = \{P/b\}$ 仅仅是现有规范中早已被公认的理论，即它在理论上毫无新颖性，人们仍在另一种意义上称它为“发现”，例如在某地发现了金矿、钻石、蓝宝石等等。但是，如果这类“发现”并不包含新的成矿类型等等理论意义，那么它们充其量只是从社会或经济价值上有了“发现”，而并不构成真正意义上的“科学发现”。当然如果它们被揭示属于前所未知或知之不足的新的成矿类型等等，从而具有了理论价值，那么它就又当别论了。所以，从原则上说，科学中的所谓“发现”，与其说是因为某位研究者观察到了（有时是从机遇中观察到了）待判定的 A，毋宁说是这位研究者终于通过 A 而发现了一个新的类 $B = \{P/b\}$，即使在 B 这个类中迄今只观察到了 A 这一个仅有的实例或元素也罢。例如，科学家观察到了第一个“中子星”、“黑洞”、“类星体”等等，但“中子星”、“黑洞”、“类星体”毕竟都是一个类，它们被描述为 $B = \{P/b\}$。有时，在 B 类中实际上只有唯一的一个元素，情况也仍然如此。

我们像库恩一样，而且比库恩更全面地强调了科学中“事实的发现”与“理论的发明”紧密纠缠、不可分割的关系。而且，按照我们的意见，实际上我们还应当把科学中的“事实的发现”细分为不同的类型；这些

不同类型的“事实的发现”在驱使科学中规范变化的作用、性质和大小方面是不同的。具体地说来，它们与“理论的发明”在具体的关系上是不同的。一般说来，科学中“事实的发现”至少可以区分为三种各不相同的类型，它们与“理论的发明”各自有着不同的关系，对科学中所引起的规范的变化也起着性质和大小不同的作用（或影响）。这三种不同类型的“事实的发现”可分别描述为：

（1）先观察到某种现象 A，感到 A 对已有规范或理论构成了“反常”，然后进一步去发明某种理论 T，其中包括概括出一个新的类 $B=\{P / b\}$ 或一个新的定律 $(x)[B(x)\rightarrow P(x)]$，而 A 具有性质 P，于是把 A 归结为 B 或 B 起作用的结果。所谓“发现”，就是通过 A 而发现 $B=\{P / b\}$ 或 $(x)[B(x)\rightarrow P(x)]$。所以“事实的发现”与“理论的发明”纠缠在一起，而且“事实的发现”要以“理论的发明”为前提。这种情况，大体上就是库恩所论述过的那类“事实的发现”，如氧的发现、X 射线的发现等等。事实上，像青霉素的发现也大体上属于这一类。

（2）预先已有了某种理论 T 的发明，其中理论 T 预言了自然界存在有一个未曾发现过任何实例的类 $B=\{P / b\}$，由于理论 T 所预言的自然界存在有 $B=\{P / b\}$ 这个类并无任何实例的支持，理论 T 的似真性受到了严重的影响。后来，科学家通过精心设计的实验，终于发现了某个现象 A，而 A 是 B 的一个实例或者可以由 A 而推知 B，并且此现象 A 又可以被别的实验所重复。此时，A 就被认为是确认了一类实体（或关系）的存在。此类所谓“事实的发现”同样是以“理论的发明”为前提的，其意义首先不在于它构成了对原有规范或理论的“反常”，而在于它支持了在此前已有的理论，大大巩固了原有理论的地位或提高了它们的似真性。历史上，如胶子的发现、正电子的发现以及 1888 年赫兹关于电磁波的发现，大体上都属于这一类。

这一类发现，虽然大体上是原有理论可以预言的，但仍不同于前述某甲所作的落体实验。因为在某甲所做的落体实验的场合下，伽利略落体定律早已获得了成千上万个实例的支持，所以某甲的实验毫无新意，从而不构成任何意义上的“发现”，而在我们这里所说的场合下，原有理论所预言的新类 $B=\{P / b\}$ 尚无（或鲜有）任何实例的支持，而 A 却构成了 B 的一个实例或由 A 可推知 B 的存在，则它仍可构成科学中有重大意义的“发现”。像这一类“发现”，对于原有理论 T 来说，虽不构成任何

“反例”；相反，却有力地构成了“支持证据”，但它们仍可能成为科学中的里程碑性的重大“发现”。库恩强调科学中事实的发现都要始于发觉“反常”，这有一定的局限性。虽然由于发现过程的复杂性，即使在这一类发现中，也难免要包含有对某种“反常”现象的警惕、察觉和理解的种种子过程。

（3）某一理论已认定存在有某一大类 $B = \{P / b\}$，并已知 B 类有许多小的子类 B_1，B_2，B_3，…，B_n，并确定了这些子类分别具有性质 P_1，P_2，P_3，…，P_n，其中 P_1，P_2，P_3，…，P_n 中包含有性质 P。此后，某科学家发现了某现象（或实体）A，研究了它，终于发现它的性质不是 P_1，P_2，P_3，…，P_n，而是具有某种新的性质 P_{n+1}，且 P_{n+1} 中也具有性质 P，从而确认它是属于 B 类的一个新种 B_{n+1}，即确认自然界有一个新种 $B_{n+1} \subset B$，且 $B_{n+1} = \{P_{n+1} / b_{n+1}\}$。这时，$B_{n+1}$新种即使仅仅只有他所发现的唯一一个实例 A，也仍可构成一个重要的发现。例如，生物学研究中发现了某属植物的一个新种，或某个种的一个新亚种，以及发现了某种新的病毒，等等，都属于此类发现。此类“事实的发现”，可能在局部的意义上改变或扩充了原有规范，但却大致上仍属于“常规科学”的研究。常规科学中仍可做出新的发现。显然，这类“事实的发现”，同样是与“理论的发明”紧紧纠缠在一起的，而不可能是与理论的发明无关的。库恩认为在常规科学中，“事实的发现”可以与“理论的发明”无关的见解是没有道理的。

当然，由于库恩关于“规范”、“革命”等等概念的模糊性，他强调科学中可以有“大革命”，也会有“小革命”。由此，他也许会辩护说，即使是第三种类型的“事实的发现”也是一种“革命”，它对于一个非常非常小的科学共同体来说，仍然是一场“革命”。所以，这仍然可以不被看作是一种“常规研究”等等。但是，如果把发现一个植物的新种或一个新的亚种以及发现一种新的病毒，都看作是一场科学中的“革命”，一种“小”的科学革命，那么常规科学和科学革命还能有什么区别呢？图尔敏曾经讥讽库恩承认“微型革命”，从而反问道：“常规科学和革命科学的区别能成立吗?”[①] 从这个意义上，图尔敏的这种指责是十分有道理

---

① 斯蒂芬·图尔敏：《常规科学和革命科学的区分能成立吗?》，载伊·拉卡托斯和艾·马斯格雷夫编《批判和知识的增长》，华夏出版社 1987 年版，第 48 ～59 页。

的。而且，如果要承认像发现植物的新种和新的亚种以及其他更为微小的发现都是“革命”，那么，库恩所要强调的常规科学有进步，并且是一种“累积增长”式的进步，还会有什么意义呢？据此而言，倒是应当得出相反的结论：常规科学不可能有进步，更不可能有累积增长式的进步。

以上，我们从“问题学”理论的角度上，对于库恩关于“事实的发现”和“理论的发明’之关系的见解，既提供了辩护与说明，也作出了补充和修正，更提出了某种批评。

我们关于科学中“事实的发现”与“理论的发明”之间的关系的论证，可以看作是如何运用“问题学”理论解决科学哲学问题的一个库恩意义下的“范例”（exemplar）。因而它自然地应当成为作为一种“规范”（paradigm）的问题学理论的一个组成部分。本书所阐述的就是关于问题学的理论。关于问题学的更详细的内容，请参见笔者之专著《问题与科学研究——问题学之探究》①。

① 参见林定夷《问题与科学研究——问题学之探究》，中山大学出版社2006年版。